

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НАУКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛЕСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
(IUFRO)  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ICFFI)  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ «СТАНКОИНСТРУМЕНТ»  
АССОЦИАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ «ДРЕВМАШ»  
АССОЦИАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
УРАЛЬСКИЙ СОЮЗ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННИКОВ  
АССОЦИАЦИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ УРАЛА  
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА:**

**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ  
XIII МЕЖДУНАРОДНОГО  
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА  
18–21 сентября 2018 г.**

*Электронное издание*

**ЕКАТЕРИНБУРГ 2018**

УДК 674(063)  
ББК 37.13  
Д 36

Д 36      Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XIII Международного евразийского симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. – Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018. – 230 с. – 6,4 Мб.  
ISBN 978-5-94984-675-9

В книгу трудов включены доклады XIII Международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 18 по 21 сентября 2018 года в городе Екатеринбург.

В трудах рассмотрены следующие актуальные вопросы: теории и практики организации деревообрабатывающего производства; эффективности использования инновационных и информационных технологий в фундаментальных научных и прикладных исследованиях, образовательных и коммуникативных системах и средах; технологии подготовки круглых лесоматериалов и их переработки с получением пиломатериалов; деревянного домостроения и отделки изделий из древесины лакокрасочными материалами; теории резания древесины, расчета режимов резания древесины на станках, совершенствования и проектирования принципиально нового технологического деревообрабатывающего оборудования и режущего инструмента, повышения их точности и надежности; экологии и безопасности и др.

УДК 674(063)  
ББК 37.13

#### **Организационный комитет:**

А.В. Мехренцев – председатель; С.В. Залесов – зам. председателя; Н.А. Вукович – зам. председателя; Э.Ф. Герц – зам. председателя; М.В. Газеев – модератор пленарного заседания и круглых столов; В.Г. Новоселов – ответственный редактор сборника трудов; О.В. Маковеева – пресс-секретарь, редактор газеты «Инженер леса»; И.Л. Чекашев – администратор сайта симпозиума.

#### **Члены оргкомитета:**

А.Г. Гороховский, В.А. Грачев, Н.В. Куцубина, А.И. Сафронов, Е.Н. Степанова, Е.Н. Стариков, О.Н. Чернышев, С.Б. Якимович.

#### **Редакционная коллегия:**

В.Г. Новоселов – ответственный редактор; Э.Ф. Герц; А.Г. Гороховский; В.Н. Старжинский; С.Б. Якимович; О.Н. Чернышев; Н.В. Куцубина.

#### **Рецензенты:**

А.П. Комиссаров – доктор технических наук, профессор Уральского государственного аграрного университета; П.С. Власов – генеральный директор ООО «Урал-гипролеспром».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Ответственный за выпуск сборника В.Г. Новоселов  
Компьютерная верстка Е.А. Газеевой  
Дизайн обложки М.В. Газеева

ISBN 978-5-94984-675-9

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет», 2018

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Двенадцатый год подряд проводится Международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», инициатором и организатором которого является Уральский государственный лесотехнический университет. За годы проведения симпозиума в нем приняли участие сотни ученых и специалистов из различных научных, образовательных и производственных организаций Российской Федерации, стран дальнего и ближнего зарубежья.

Апробированные на симпозиуме научные работы нашли свое применение в производстве, в образовательной деятельности, стали основой подготовки научных кадров высшей квалификации. Симпозиум стал центром, вокруг которого объединились различные презентационные и конгрессные мероприятия ежегодного Евро-Азиатского лесопромышленного форума в Екатеринбурге.

Проводимое мероприятие – это один из ответов сообщества ученых-лесотехников на вызовы современности, сформулированные в утвержденной Указом Президента России В.В. Путиным Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Лесная индустрия играет сегодня важнейшую роль в решении проблем экологии, смягчения глобального изменения климата, обеспечения восполняемыми источниками энергии, рекреации и многих других. Нынешний XIII Симпозиум сопряжен с международными выставками «ЭКСПОМЕБЕЛЬ-УРАЛ» и LESPROM-URAL Professional (при участии ООО «МВК-Урал» и ООО «Дойче Мессе РУС»). Активное участие в формировании программы конгрессных мероприятий второй год принимает «Германский дом науки и инноваций в Москве».

Проведение форума – важное событие не только для нашего университета и города Екатеринбург, но и для всей России. Сочетание конгрессных и выставочных мероприятий предоставляет участникам возможность наладить прямые контакты, продемонстрировать свои достижения.

В форуме принимают участие государственные учреждения, коммерческие фирмы, общественные организации и некоммерческие партнёрства. Евро-Азиатский форум стал площадкой для профессионального общения и обсуждения наиболее важных проблем в различных отраслях лесопромышленного комплекса. Участие в работе форума студентов и молодых исследователей будет способствовать сохранению и воспроизводству российского интеллектуального капитала, развитию национального инженерного потенциала.

От имени Уральского государственного лесотехнического университета и от себя лично я рад приветствовать всех участников и особенно молодых ученых и специалистов, прибывших из других регионов России и из-за рубежа, на Евро-Азиатском лесопромышленном форуме. Желаю всем плодотворной работы, достижения намеченных целей и отличного настроения!

*И. о. ректора УГЛТУ А.В. Мехренцев*



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

## EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS OF THE ENTERPRISES OF THE FOREST COMPLEX

УДК 339

**Н.К. Казанцева<sup>1</sup>, В.С. Попов<sup>1</sup>, Е.С. Синегубова<sup>2</sup>**

(N.K. Kazantseva<sup>1</sup>, V.S. Popov<sup>1</sup>, E.S. Sinegubova<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УрФУ, <sup>2</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: sinyes@yandex.ru

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

### STANDARDIZATION AND TECHNOLOGICAL PROGRESS

*Стандартизация – мощный инструмент для роста конкурентоспособности экономики страны. Рассмотрим 5 технологических укладов с элементами стандартизации и начало 6-го, контуры которого стали отчетливо видны с начала XXI в. (достижения 6-го технологического уклада чаще всего называют инновациями) [1–4].*

*Standardization is a powerful tool for the competitiveness increasing of national economy. Let us consider 5 technological structures with elements of standardization and the beginning of the 6th, which contours became clearly visible from the beginning of the XXI century (the achievements of the 6th technological way are often called innovations) [1–4].*

Все революционные достижения техники и технологий диктуют необходимость обеспечения качества по всей цепочке жизненного цикла продукции – от разработки объекта до его утилизации. Без обеспечения должного уровня качества комплектующих и изделия в целом невозможно обеспечить, например, безотказность систем жизнеобеспечения космических аппаратов, оборудования атомной энергетики, сложнейшей аппаратуры медицинского назначения, а также бытовой техники.

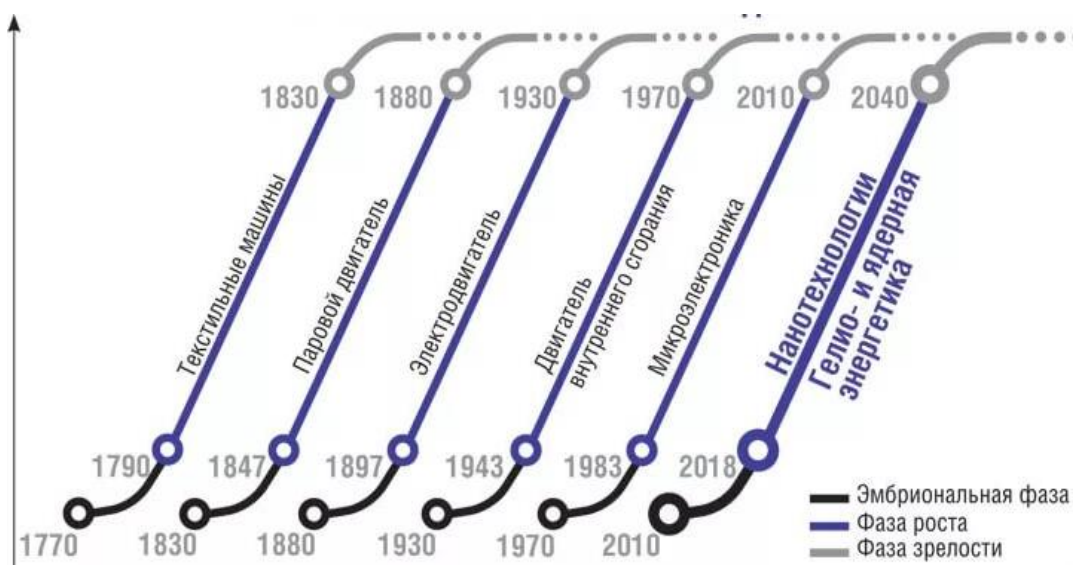
Стандартизация способствовала и продолжает способствовать индивидуализации производства и потребления, повышению гибкости производства, преодолению экологических проблем, ресурсосбережению.

Все это определяет стандартизацию как одно из мощных средств повышения эффективности экономики и социальной сферы в изменяющемся мире.

Общественное развитие постоянно ставит перед стандартизацией принципиально новые цели. В их числе – обеспечение информационной совместимости при обмене сообщениями между телекоммуникационными и компьютерными системами, стандартизация биометрической техники для идентификации людей и ограничения доступа на охраняемые территории, передача современной технологии развивающимся странам и странам с переходной экономикой.

*Технологический уклад – совокупность технологий, характерных для определенного уровня развития производства. В связи с научным и технико-технологическим прогрессом происходит переход от более низких укладов к более высоким, прогрессивным.*

С.Ю. Глазьев предложил систематизацию становления технологических укладов относительно их «стандартизационного обеспечения» (см. рисунок). Основные характеристики технологических укладов приведены в таблице.



Систематизация становления технологических укладов

Основные характеристики технологических укладов

Характеристики уклада	Технологический уклад				
	I	II	III	IV	V
Временной период, гг.	1785–1835	1835–1880	1880–1940	1930–1970 (1930–1990)	1970–2010 (1990–2035)
Главная отрасль	Текстильная	Транспорт, черная металлургия	Тяжелое машиностроение, электротехническая промышленность	Автомобилестроение, цветная металлургия	Электроника, информационные технологии, телекоммуникации
Достижения уклада	Механизация фабричного производства	Рост масштабов производства, развитие транспорта	Концентрация банковского и финансового капитала	Массовое и серийное производство	Индивидуализация производства и потребления
Элементы стандартизации	Установление требований к сырью, взаимозаменяемость	Установление требований к продукции (например, резьба Уитворта)	Национальные системы стандартизации	Стандартизация способствует организации массового и серийного производства	Стандартизация способствует гибкости и экологичности производства

1-й технологический уклад (1770–1830 гг.). Ядро – текстильная промышленность, выплавка и обработка металлов, строительные материалы, водяной двигатель.

Элементы стандартизации – единая ширина тканей и количество нитей в ее основе, установление требований к сырью, используемому в ткацком производстве, установление требований к огнестойкости строительных материалов и конструкций, начало применения принципа взаимозаменяемости французским инженером Н. Лебланом при производстве ружейных замков, установление во Франции единицы длины «метр», использование методов стандартизации при массовом производстве стрелкового оружия на тульских оружейных заводах.

Элементы стандартизации на протяжении первого технологического уклада способствовали механизации и концентрации производства на фабриках.

*2-й технологический уклад (1830–1880 гг.).* Ядро – паровой двигатель, железные дороги, транспорт, машиностроение, судостроение, угольная и станко-инструментальная промышленность, металлургия. В 1839 г. Ч. Уитстоуном была создана первая телеграфная служба – электрический телеграф.

Элементы стандартизации: резьба Уитворта, единая ширина колеи, железнодорожного полотна, минимальная высота мостов и туннелей, стандартный сортамент проката, стандартные размеры кирпичей, нормы испытаний паровых котлов и паровых машин, обязательные для всех заводов России размеры кузовов вагонов, установление единых правил и норм при пользовании электричеством. В 1865 г. подписана Международная телеграфная конвенция, создан Международный телеграфный союз.

Элементы стандартизации способствовали росту масштабов и концентрации производства, в том числе на основе использования парового двигателя.

*3-й технологический уклад (1880–1930 гг.).* Ядро – электротехническое, тяжелое машиностроение, производство и прокат стали, линии электропередачи, неорганическая химия.

Первые системы стандартизации появились в Англии (1901 г.) – Комитет стандартов, разработка стандартов на сырье, промышленные изделия, военная техника – и Германии (1917 г.) – Комитет по стандартизации DIN, общие стандарты на меры и веса, термины, допуски, нормальные диаметры.

К началу 30-х годов в рамках DIN работало до 300 отраслевых комиссий и подкомиссий; с 1916 по 1930 гг. были основаны национальные организации по стандартизации в 23 странах.

В США к началу XX века функционировало свыше 100 организаций по стандартизации, в Японии в 1921 г. был учрежден Японский комитет по стандартизации. В 1906 году была основана Международная электротехническая комиссия.

В 1925 году в Советском Союзе образован Комитет по стандартизации. В 1926 году был утвержден первый советский стандарт на номенклатуру селекционных сортов пшеницы, стандарты на метрическую резьбу, 24 стандарта на сортамент проката черных металлов. Гибкость производства повышалась на основе стандартизации, использования электродвигателей.

*4-й технологический уклад (1930–1970 гг.).* Ядро – автомобилестроение, тракторостроение, цветная металлургия, синтетические материалы, органическая химия, добыча и производство нефтепродуктов.

Международные и национальные системы стандартизации: в 1947 г. была основана Международная организация по стандартизации (ISO), региональные организации по стандартизации.

Стандартизация проникла во все отрасли экономики. Ей принадлежит существенный вклад в победу СССР во Второй мировой войне, в развитие военно-промышленных комплексов ведущих стран. Началось массовое производство товаров народного потребления на основе стандартизации параметров их безопасности.

Стандартизация способствовала организации массового и серийного производства изделий приемлемого уровня качества.

*5-й технологический уклад (1970–2010 гг.).* Ядро – электронная промышленность, вычислительная и оптоволоконная техника, программное обеспечение, телекоммуникации, роботостроение, информационные технологии, добыча и переработка нефти и газа.

Стандартизация способствовала и продолжает способствовать индивидуализации производства и потребления, повышению гибкости производства, преодолению экологических проблем, ресурсосбережению.

Продолжают развиваться отрасли пятого уклада: космические технологии, ядерная техника, альтернативная энергетика (солнечная, ветра и приливов, возобновляемых растительных видов топлива), гибкая автоматизация производства.

Уже с начала XXI в. стали отчетливо видны *контуры шестого технологического уклада*: нано- и биотехнологии, системы искусственного интеллекта, глобальные информационные сети, интегрированные транспортные системы, основанные на сверх- и гиперскоростях.

Достижения шестого технологического уклада чаще всего называют инновациями. Организация экономического сотрудничества и развития определяет *инновацию* как создание нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги), процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочего места или внешних отношениях.

Европейская комиссия считает, что роль стандартов для поддержки инноваций важна как ответ на современные экономические, экологические и социальные вызовы. С одной стороны, стандартизация содействует инновационному процессу с его начальных стадий – делает его управляемым, с другой – обеспечивает доступность инновационного процесса, содействует внедрению инновационного продукта в производство.

Таким образом, стандарты предшествуют инновациям, устанавливая критерии для проектирования и эксплуатационные характеристики, которые будут отвечать требованиям потребителей. В то же время внедренная инновационная идея может стать основной для нового стандарта.

Развитие стандартизации, основанной на инновациях, как одного из действенных экономических инструментов невозможно без активной государственной поддержки.

Одним из главных условий успеха стандартизации в инновационной сфере России является включение в государственные и федеральные целевые программы разделов по стандартизации и методологии, а также по разработке стандартов в отношении новых видов продукции и технологий, как это предусмотрено в ФЗ № 162 «О стандартизации в Российской Федерации». Целесообразным представляются создание новых ТК по инновационным направлениям и разработка предварительных национальных стандартов для обеспечения скорейшего выхода инновационной продукции на рынок.

Стандарты должны устанавливать высокую планку показателей, важнейших видов продукции промышленности и сельского хозяйства и сопровождать государственные и федеральные целевые программы.

Что касается технического прогресса в «старых» отраслях экономики, то в связи с увеличивающимися темпами науки и техники инновационные стандарты необходимо пересматривать каждые пять лет, для того чтобы они не отставали от современных достижений. Такова мировая практика. Разработка и практическое применение инновационных стандартов создают научно-методический механизм запуска цепной реакции «инновации – инновационные стандарты – инжиниринг – инновационный путь развития компаний – конкурентоспособность экономики страны».

**Библиографический список**

1. Глазьев, С.Ю. Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / С.Ю. Глазьев. – URL: <http://www.glazev.ru/upload/iblock/b12/b12e5e876427fd9cbcac3aace1e53079.pdf>.
2. Казанцева, Н.К. Технические барьеры в торговле и пути их устранения / Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева, Е.С. Синегубова // Труды XI Междунар. Евразийск. симпозиума «Деревообработка»: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. – Екатеринбург. – 2016. – С. 24–28.
3. Зажигалкин, А.В. Стандартизация: методология и практика: монография / А.В. Зажигалкин. – М.: Стандарты и качество, 2017. – 89 с.
4. Белобрагин, В.Я. Основы стандартизации: учеб. пособие / В.Я. Белобрагин, А.В. Зажигалкин, Т.И. Зворыкина. – 2-е изд., доп. – М.: Стандарты и качество, 2017. – 516 с., ил.

**УДК 346.548:630.61**

**Ю.А. Капустина**

(YU.A. Kapustina)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: [kapustina\\_bu@mail.ru](mailto:kapustina_bu@mail.ru)

**АДАПТАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОТРАСЛЕВОГО АНАЛИЗА  
К ОЦЕНКЕ УГРОЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
РЕГИОНАЛЬНОГО ОТРАСЛЕВОГО КОМПЛЕКСА**

**ADAPTATION OF THE TOOLS OF INDUSTRY ANALYSIS  
TO THE ASSESSMENT OF THREATS TO ECONOMIC SECURITY  
OF THE REGIONAL SECTOR MODEL COMPLEX**

*Обоснована целесообразность применения инструментов отраслевого анализа для оценки угроз экономической безопасности. Исследованы угрозы экономической безопасности деревообрабатывающей отрасли региона на основе оценки рыночных сил.*

*The expediency of using tools of industry analysis for assessing threats to economic security is substantiated. The threats to the economic security of the woodworking industry in the region have been investigated on the basis of market forces assessment.*

В научной и учебной литературе достаточно популярной в настоящее время является тема обеспечения экономической безопасности. На фоне санкционной политики западных стран, обострения кризисных явлений во всех сферах, усиления конъюнктурных колебаний повышается актуальность целенаправленных, продуманных действий по нейтрализации угроз и вызовов экономической безопасности.

Легитимное определение экономической безопасности, сформулированное в Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года (далее – Стратегия), рассматривает в качестве основного объекта защиты национальную экономику России [1]. Реализация действий по обеспечению экономической безопасности сложных систем требует их определенной декомпозиции. Законодатель при формулировании основных направлений и задач такой деятельности выделяет в составе национальной экономики различные институциональные элементы.



При широкой вариативности дефиниций, применяемых для идентификации конкретных объектов системы экономической безопасности, очевиден акцент на двух их видах, которые могут быть определены как отраслевой (межотраслевой) сектор экономики (в терминологии Стратегии: сектор экономики, отрасль реального сектора экономики, стратегическая отрасль экономики, отрасль национальной экономики) и предприятие (хозяйствующий субъект, государственная компания, хозяйственное общество, стратегически значимая организация, российская организация, российский экспортер).

Принимая во внимание заявленные законодателем уровни осуществления национальной политики (ст. 5 Стратегии) и субъектный состав деятельности по обеспечению экономической безопасности (ст. 6 Стратегии), следует констатировать, что первичным объектом государственной политики в данной сфере выступают отраслевые либо межотраслевые секторы экономики. Аналогичная логика прослеживается и в иных документах стратегического планирования [2]. Расширение правового поля стратегического планирования требует разработки научно-методического обеспечения, позволяющего реализовать целевые установки законодателя, выраженные в нормативных актах [3]. На отраслевом уровне данная задача может быть решена посредством разработки новых прорывных методик либо путем адаптации и модификации проверенных, авторитетных исследований. Логическая взаимосвязь и взаимообусловленность понятий «экономическая безопасность», «конкурентоспособность», «устойчивое развитие» обеспечивают преемственность инструментов и приемов анализа.

Оценка экономической безопасности отраслевых и межотраслевых комплексов может быть проведена на основе положений исследования рыночных сил Майкла Портера, получившего широкое признание [4]. Рыночные силы М. Портера соответствуют ключевым угрозам экономической безопасности. Систематизация факторов, определяющих интенсивность конкуренции и выявление особенностей развития отрасли, является методической основой формирования и реализации отраслевой стратегии нейтрализации угроз экономической безопасности.

В качестве объекта исследования выбрана деревообрабатывающая отрасль Республики Башкортостан (ОКВЭД «Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели»). Оценка угроз экономической безопасности регионального отраслевого комплекса осуществлена применительно к совокупному продукту вида деятельности, соответствующему коду 16 «Древесина и изделия из дерева и пробки, кроме мебели, изделия из соломки и материалов для плетения». Для его идентификации применен термин «продукция деревообработки».

С целью уточнения отдельных положений и выводов настоящего исследования использованы понятия, характеризующие конкретные значимые виды продукции деревообработки: «пиломатериалы» (соответствует коду ОКДП 16.10.1 согласно Общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности), «фанера» (код 16.21.12.110), «древесно-стружечные плиты» (код 16.21.13), «древесноволокнистые плиты» (код 16.12.14), а также агрегированные понятия «плитные материалы» и «композитные материалы».

Методами оценки являются анализ официальной статистической информации, экспертный опрос специалистов в сфере деревообработки. Результаты оценки угроз экономической безопасности деревообрабатывающей отрасли Республики Башкортостан представлены в таблицах 1–6.

По фактору «Угрозы со стороны товаров-заменителей» оценка проведена согласно общепринятой методике на основе параметра «Товары-заменители «цена-качество» (табл. 1).

Для рынка продукции деревообработки свойственна как внутриотраслевая, так и межотраслевая конкуренция со стороны товаров-заменителей. Характерным примером

выступают пиломатериалы. Внутри отраслевого комплекса продукт конкурирует с фанерой, плитными и композитными материалами, на межотраслевом уровне испытывает давление со стороны металлов, пластмасс, изделий из бетона, цемента, гипса. В настоящее время конкуренция товаров-субститутов на мировом рынке продукции деревообработки проявляется слабо. Уровень угрозы со стороны товаров-заменителей продукции деревообработки оценен как средний ввиду разнонаправленного воздействия ключевых факторов и современных тенденций.

Таблица 1

Оценка угрозы со стороны товаров-заменителей продукции деревообработки

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Товары-заменители «цена-качество»	Существуют и занимают высокую долю на рынке	Существуют, но занимают незначительную долю	Не существуют
	0	2	0
Итоговый балл	2		
2 балла	Средний уровень угрозы со стороны товаров-заменителей		

С одной стороны, деревообрабатывающая промышленность, как и другие традиционные отрасли, испытывает давление со стороны новых высокотехнологичных производств и их продуктов. С другой, сохраняется спрос со стороны потребителей, отдающих предпочтение физико-механическим и органолептическим свойствам отраслевого продукта, его экологичности, удобству применения либо престижу. Положительное влияние на сохранение спроса на продукцию деревообработки оказывает появление новых отраслевых продуктов, в частности на основе технологий CLT (Cross Laminated Timber – перекрестно склеенная древесина) и МНМ (Massiv-Holz-Mauer – массивные деревянные стены).

Количество игроков на рынке продукции деревообработки оценено на высоком уровне (табл. 2). Более подробное изучение основных сегментов показало, что для рынков плитных материалов (фанеры, древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит) свойственен средний уровень. Высоким уровнем насыщенности характеризуется рынок пиломатериалов (более 50 крупных игроков на рынке РФ). На относительно новом рынке ориентированно стружечных плит (OSB) количество игроков не превышает 10 субъектов.

В Республике Башкортостан в 2016 году по виду деятельности «Обработка древесины и производство изделий из дерева» зарегистрировано 7 крупных предприятий и 524 субъекта малого и среднего предпринимательства.

Таблица 2

Оценка уровня внутриотраслевой конкуренции на рынке продукции деревообработки

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Количество конкурентов на рынке	Высокий уровень насыщенности рынка (более 30)	Средний уровень насыщенности рынка (10–30)	Небольшое количество конкурентов (до 10)
	3	0	0

Окончание табл. 2

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Темп роста рынка продукции деревообработки	Стагнация или снижение объема рынка	Замедляющийся, но растущий	Высокий рост
	0	2	0
Уровень дифференциации продукции деревообработки	Стандартизированный товар	Товар стандартизирован по ключевым свойствам, но отличается по дополнительным преимуществам	Продукты конкурентов значительно отличаются друг от друга
	0	2	0
Ограничения в повышении цены	Жесткая ценовая конкуренция на рынке, отсутствие возможности повышения цен	Есть возможность повышения цен только в рамках покрытия роста затрат	Всегда есть возможность к повышению цены и повышению прибыли
	0	2	0
Итоговый балл	9		
9–12 баллов	Высокий уровень внутриотраслевой конкуренции		

Рынок продукции деревообработки следует охарактеризовать как замедляющийся, но растущий. На фоне снижения внутреннего потребления растет экспорт. Наблюдается обусловленное объективными причинами снижение сегмента деревянных оконных блоков: за период 2010–2016 годы совокупное снижение в натуральном исчислении составило в РФ 44 % (или 550 тыс. м<sup>2</sup>), в Башкортостане – 35 % (или 13 тыс. м<sup>2</sup>). Сегмент деревянных дверных блоков демонстрирует высокую степень зависимости от основного потребителя – строительной отрасли: падение рынка сменяется значительным ростом и наоборот. Прирост рынка плитных материалов РФ в разных сегментах составляет от 2 до 8 %.

В Республике Башкортостан завершение крупных инвестиционных проектов привело к стремительному росту в 2016 году объемов производства лесоматериалов (в 1,5 раза) и древесно-стружечных плит (в 4,8 раза).

Уровень дифференциации продукции деревообработки и, соответственно, возможность повышения цен по отношению к товарам конкурентов находятся на среднем уровне. В условиях постоянного роста затрат для компаний-производителей усиливается риск финансовых потерь.

Угроза входа на рынок новых игроков оценена посредством анализа высоты входных барьеров на рынок продукции деревообработки, в частности из соседних российских регионов и зарубежных игроков (табл. 3). Степень угрозы средняя. Сдерживающими факторами входа на рынок являются высокий уровень инвестиций, длительный срок окупаемости затрат, невысокая рентабельность многих видов продукции деревообработки.

Покупатели обладают средним уровнем власти на рынке продукции деревообработки: объем продаж равномерно распределен между всеми клиентами. Рынок характеризуется высокой чувствительностью покупателей к цене: в условиях стандартизации товара подавляющее число потребителей отдает предпочтение продукту с лучшей ценой (табл. 4). Уровень рыночной власти поставщиков средний (табл. 5).

Таблица 3

Оценка угрозы входа новых конкурентов на рынок продукции деревообработки

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Экономия на масштабе при производстве товара	Отсутствует	Отсутствует только у некоторых игроков рынка	Значимая
	0	2	0
Сильные марки с высоким уровнем узнаваемости и лояльности	Отсутствуют крупные игроки	2–3 игрока держат около 50 % рынка	2–3 игрока держат около 80 % рынка
	3	0	0
Дифференциация продукта	Низкий уровень разнообразия товаров	Существуют микронизи	Все возможные ниши заняты игроками
	0	2	0
Уровень инвестиций и затрат для входа в отрасль	Низкий	Средний (окупается более чем за 6–12 месяцев работы)	Высокий (окупается более чем за 1 год работы)
	0	0	1
Доступ к каналам распределения	Доступ полностью открыт	Доступ требует умеренных инвестиций	Доступ к каналам ограничен
	0	2	0
Политика правительства	Нет ограничивающих действий	Вмешательство государства на низком уровне	Государство полностью регламентирует отрасль
	0	2	0
Готовность существующих игроков к снижению цен	Не идут на снижение цен	Крупные игроки не идут на снижение цен	Существующие игроки идут на снижение цен
	0	2	0
Темп роста отрасли	Высокий и растущий	Замедляющийся	Стагнация или падение
	0	2	0
Итоговый балл	16		
9–16 баллов	Средний уровень угрозы входа новых конкурентов		

Таблица 4

Оценка рыночной власти покупателей на рынке продукции деревообработки

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Доля покупателей с большим объемом продаж	Более 80 % продаж приходится на несколько клиентов	Незначительная часть клиентов держит около 50 % продаж	Объем продаж равномерно распределен между всеми клиентами
	0	0	1
Склонность переключения на	Товар компании не уникален, существуют	Товар компании частично уникален,	Товар компании полностью уникален,

Окончание табл. 4

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
товары-заменители	полные аналоги	есть отличительные характеристики, важные для клиентов	аналогов нет
	0	2	0
Чувствительность к цене	Покупатель всегда будет переключаться на товар с более низкой ценой	Покупатель будет переключаться только при значимой разнице в цене	Покупатель абсолютно не чувствителен к цене
	3	0	0
Потребители не удовлетворены качеством товара на рынке	Неудовлетворенность ключевыми характеристиками товара	Неудовлетворенность второстепенными характеристиками товара	Полная удовлетворенность качеством
	0	2	0
Итоговый балл	8		
5–8 баллов	Средний уровень угрозы власти покупателей		

Таблица 5

#### Оценка рыночной власти поставщиков на рынке продукции деревообработки

Параметр оценки	Оценка параметра, балл		
	3	2	1
Количество поставщиков	Монополия	Незначительное	Широкий выбор
	0	2	0
Ограниченность ресурсов поставщиков	Ограничены	Ограниченность средняя	Не ограничены
	0	2	0
Издержки переключения на других поставщиков	Высокие издержки	Средние издержки	Низкие издержки
	0	2	0
Приоритетность направления для поставщиков	Низкая приоритетность	Средняя приоритетность	Высокая приоритетность
	0	2	0
Итоговый балл	8		
7–9 баллов	Средний уровень влияния поставщиков		

Товары и услуги, потребляемые деревообрабатывающей промышленностью, за исключением основного сырьевого продукта – необработанной древесины, не обладают критической важностью для производственного процесса и ограниченно влияют на качество отраслевого продукта. По универсальным ресурсам (прежде всего, финансовым) уровень власти поставщиков достаточно высок. Основные игроки на рынке продукции деревообработки в РФ представляют собой вертикально интегрированные компании, реализующие полный цикл от лесозаготовки до реализации конечного продукта. Для подобных хозяйствующих субъектов проблема выбора поставщика необработанной древесины отсутствует. Результаты оценки угроз экономической безопасности деревообрабатывающей отрасли Республики Башкортостан на основе модели Портера свидетельствуют о среднем уровне привлекательности сектора для потенциальных игроков (табл. 6). Рынок вида деятельности является конкурентным и перспективным.

Таблица 6

Итоговая оценка угроз экономической безопасности на рынке вида деятельности «Обработка древесины и производство изделий из дерева» Республики Башкортостан

Параметр	Значение	Описание
Угроза со стороны товаров-заменителей	2 балла	Средний уровень
Угроза внутриотраслевой конкуренции	9 баллов	Высокий уровень
Угроза со стороны новых игроков	16 баллов	Средний уровень
Угроза потери текущих покупателей	8 баллов	Средний уровень
Угроза нестабильности поставщиков	8 баллов	Средний уровень
Итоговая оценка	43 балла (из 63) или 68 %	Средний уровень

Идентификация угроз экономической безопасности должна стать обязательной частью отраслевой стратегии, разработка которой предполагает детальный анализ и постоянный мониторинг предложений конкурентов и появления новых игроков.

### Библиографический список

1. О стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента РФ от 13.05.2017 г. № 208. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216629/1d8dcf5824d5241136fa09b9e9c672ac5d325365](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/1d8dcf5824d5241136fa09b9e9c672ac5d325365) (дата обращения: 09.08.2018).
2. О стратегическом планировании в Российской Федерации: федер. закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ (ред. от 31.12.2017 г.): принят Госдумой 20 июня 2014 г.; одобрен Советом Федерации 25 июня 2014 г. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841).
3. Развитие методологии структурно-отраслевой и экономико-технологической организации лесного сектора экономики (на примере лесного сектора Республики Башкортостан): монография / под общ. ред. А.В. Мехренцева. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018. 309 с.
4. Портер М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов / пер. с англ. 4-е изд. М.: Альпина Паблишер, 2011. 453 с.

УДК 332.145:630.61

**Ю.А. Капустина<sup>1</sup>, Ю.Н. Ростовская<sup>1</sup>, Е.Н. Стариков<sup>1,2</sup>**

(YU.A. Kapustina<sup>1</sup>, YU.N. Rostovskaya<sup>1</sup>, E.N. Starikov<sup>1,2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>УрГЭУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: kapustina\_bu@mail.ru, ros090lo@mail.ru

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОТРАСЛЕВЫХ ДОКУМЕНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

### **THE APPLICATION OF CONCENTRATION INDICATORS PRODUCTION IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL DOCUMENTS STRATEGIC PLANNING**

*Обоснована целесообразность использования показателей концентрации производства для оценки текущего состояния отраслевой конкуренции. Проведен анализ*

*концентрации отраслевого производства на примере лесопромышленного комплекса Республики Башкортостан.*

*The expediency of using production concentration indicators to assess the current state of industrial competition is substantiated. The analysis of production concentration indicators on an example of a timber industry complex in Republic of Bashkortostan is carried out.*

В основе эффективного функционирования социально-экономических систем разного уровня – предприятий, отраслей и секторов экономики, национального хозяйства – лежит целенаправленная деятельность субъектов управления, определяющих и реализующих комплекс мероприятий, обеспечивающих достижение целей их развития. Приоритетное значение среди функций управления в современных условиях приобретает стратегическое планирование.

Формализованным результатом практической реализации воли законодателя становятся документы стратегического планирования, разрабатываемые на всех уровнях управления – федеральном, региональном, местном. Среднесрочные и долгосрочные программы, прогнозы и стратегии развития, доклады о реализации документов стратегического планирования отражают цели, задачи и результаты социально-экономического развития отраслей, территорий, национальной экономики в целом.

Применительно к отраслям и секторам экономики принципы стратегического планирования воплощаются в отраслевых стратегиях и схемах развития, основы разработки которых отражены в Методических рекомендациях по подготовке стратегий развития отраслей экономики [1]. Положения этого документа определяют содержание, задачи и последовательность этапов разработки стратегий. В качестве начального этапа заявлен анализ текущего состояния отрасли, в процессе которого рекомендуется оценить финансовое состояние предприятий отрасли, ее конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынке. Следует констатировать, что положения Методических рекомендаций носят обобщенный характер, не конкретизируют состав показателей и последовательность аналитических работ. При всей ценности единого методического подхода к разработке отраслевых документов стратегического планирования требуется уточнение и расширение применяемых инструментов анализа, а также адаптация типовых рекомендаций по подготовке стратегий к специфическим экономико-технологическим особенностям организации различных отраслей [2].

Принимая во внимание современные экономические реалии, характеризующиеся зависимостью отраслевых процессов от рыночных предпочтений и тенденций, неравномерностью территориального развития, обострением конкуренции как на рынках ресурсов, так и на рынках готовых продуктов представляется целесообразным использовать для оценки текущего состояния отраслей и секторов экономики показатели концентрации производства.

Противоречивость категории «концентрация производства» в современной экономической литературе, обусловленная, прежде всего, отсутствием единого подхода к выбору базового критерия оценки – производственная мощность, объем производства, численность занятых, иные показатели либо их интегральные значения – требует уточнения предмета изучения. Для целей данного исследования объектом является отраслевой сектор экономики, термин «концентрация» трактуется как сосредоточение. Соответственно, предметом изучения выступает концентрация отраслевого производства или отраслевая концентрация.

Сущность и практическая значимость категории «концентрация отраслевого производства» заключается в методическом обеспечении оценки конкурентной среды в конкретной отрасли посредством определения числа аналогичных производств и степени их влияния на рыночную цену отраслевого продукта.

В экономических расчетах применяется порядка 50 абсолютных и относительных показателей концентрации. Большинство исследователей отдают предпочтение относительным параметрам [3, 4]. Среди них наибольшей универсальностью обладают:

1) коэффициент концентрации ( $CR_k$ ) отражает суммарную долю  $k$  лидирующих по исследуемому показателю хозяйствующих субъектов исследуемой совокупности. Росстат осуществляет расчет показателя на основе удельных весов 1, 3, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25 и 50 предприятий. Соответственно, применяются коэффициенты концентрации  $CR_1$ ,  $CR_2$ ,  $CR_3$  и т. д. Критериальные значения устанавливаются отдельно для каждого из  $CR_k$ ;

2) индекс Херфиндаля–Хиршмана ( $HHI$ ) учитывает численность хозяйствующих субъектов совокупности ( $n$ ) и их положение (доли) на рынке. Рассчитывается как сумма квадратов рыночных долей субъектов ( $s_i$ ). Низко концентрированный рынок характеризуется значением  $HHI$  ниже 1 000, для высоко концентрированного рынка свойственно значение выше 1 800, промежуточные значения отличают умеренно концентрированный рынок;

3) коэффициент относительной концентрации ( $K$ ) отражает соотношение количества крупнейших хозяйствующих субъектов исследуемой совокупности и контролируемой ими доли рынка:

$$K = \frac{20 + 3b}{a}, \quad (1)$$

где  $a$  – доля числа крупнейших субъектов совокупности, %;

$b$  – доля продаж субъектов совокупности, %.

Значения, равные единице и менее единицы, свидетельствуют о высокой степени концентрации и значительной рыночной власти крупнейших игроков изучаемой совокупности.

Концентрация отраслевого производства может быть оценена как на макроуровне (применительно к мировому или национальному рынку товара или вида деятельности), так и на мезоуровне (в отношении регионального отраслевого комплекса). Учитывая особенности лесопромышленного производства, большое количество предприятий отрасли (41,5 тыс. единиц в Российской Федерации по данным государственной регистрации на 01.01.2018 г.), а также распределение полномочий субъектов стратегического планирования при разработке отраслевых документов, следует отдать предпочтение изучению концентрации отраслевого производства на региональном уровне.

Конкретным объектом исследования выступает лесопромышленный комплекс Республики Башкортостан, как совокупность хозяйствующих субъектов, отнесенных к видам экономической деятельности «Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели» и «Целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность» (с 10.06.2016 года соответствуют кодам 16 «Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения» и 17 «Производство бумаги и бумажных изделий» согласно Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2)). В качестве базового критерия оценки применена выручка от реализации хозяйствующих субъектов отрасли, на основе которой определены их доли на рынке соответствующего вида экономической деятельности. Информационной основой исследования послужили официальные статистические данные Росстата и Башкортостана.



В таблице 1 приведены данные, характеризующие уровень концентрации отраслевого производства на рынке продукции деревообработки Республики Башкортостан.

Таблица 1

Динамика уровня концентрации производства  
по виду экономической деятельности «Обработка древесины и производство изделий из дерева» в Республике Башкортостан за 2007–2016 гг.

Показатель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Количество крупных предприятий	9	7	6	4	5	7	7	8	9	7
Доля крупных предприятий на рынке	85,2	82,4	78,9	92,3	86,8	87,6	75,6	82,1	77,9	82,1
Количество малых и средних предприятий	457	496	531	529	546	566	607	581	560	524
Доля малых и средних предприятий на рынке	14,8	17,6	21,1	7,7	13,2	12,4	24,4	17,9	22,1	17,9
Индекс Херфиндаля-Хиршмана ( <i>HHI</i> )	1 821	2 096	2 076	3 426	2 964	2 988	1 709	2 907	2 106	1 954
Коэффициент относительной концентрации ( <i>K</i> )	0,30	0,29	0,30	0,24	0,26	0,27	0,31	0,29	0,32	0,29

Анализ конкурентной среды проведен на основе изучения величины и динамики индекса Херфиндаля–Хиршмана (*HHI*) и коэффициента относительной концентрации (*K*), которые позволяют оценить распределение «рыночной власти» между всеми участниками рынка. Индекс Херфиндаля–Хиршмана (*HHI*) характеризует рынок продукции деревообработки как высоко концентрированный на протяжении всего анализируемого периода, за исключением 2013 года, когда его значение снижается до умеренного уровня ( $1\ 000 < HHI < 1\ 800$ ).

Наибольшее значение индекса *HHI* наблюдалось в период с 2010 по 2012 годы и в 2014 году. Для этого времени были характерны кризисные либо посткризисные явления в экономике страны, не позволяющие малым предприятиям конкурировать с крупными компаниями, наблюдалась высокая степень концентрации рынка. Так, в 2010 году доля рынка 4 ключевых предприятий отрасли составила 92,3 %.

Аналогичные выводы позволяет сделать и коэффициент относительной концентрации: его наименьшее значение характерно для 2010 года (наивысший уровень концентрации) соответствует наибольшему значению *HHI*.

Рынок целлюлозно-бумажной и полиграфической продукции характеризуется более низким уровнем концентрации производства (табл. 2).

Значение индекса *HHI* соответствует низкой концентрации, однако в 2007, 2010 и 2015 годах достигает умеренных значений. Высокий уровень конкуренции обусловлен присутствием на рынке сопоставимых по объемам деятельности субъектов, функционирующих в сфере полиграфии. Непосредственно для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности характерен высокий уровень концентрации: в 2016 году

3 крупнейших субъекта занимали 84 % республиканского рынка, значение коэффициента относительной концентрации составляло 0,60, индекс Херфиндаля–Хиршмана превышал 3 700.

Таблица 2

Динамика уровня концентрации производства  
по виду экономической деятельности «Целлюлозно-бумажное производство,  
издательская и полиграфическая деятельность» в Республике Башкортостан  
за 2007–2016 гг.

Показатель	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Количество крупных предприятий	96	96	93	92	90	91	94	89	93	88
Доля крупных предприятий на рынке	65,4	60,3	62,7	59,2	64,6	65,2	60,6	61,1	57,8	63,4
Количество малых и средних предприятий	653	685	734	707	713	755	762	705	660	587
Доля малых и средних предприятий на рынке	34,6	39,7	37,3	40,8	35,4	34,8	39,4	38,9	42,2	36,6
Индекс Херфиндаля–Хиршмана (HHI)	1 041	960	770	1 148	616	856	907	803	1 435	513
Коэффициент относительной концентрации (K)	0,89	0,94	0,86	0,92	0,83	0,80	0,87	0,88	0,99	0,93

Полученные результаты позволяют оценить лесопромышленное производство Республики Башкортостан как высококонцентрированное.

Сопоставление величин и динамики показателей концентрации за 2007–2016 годы свидетельствует о их методологическом единстве. Рассчитанные значения отражают систематическое усиление или снижение уровня отраслевой концентрации. Данное обстоятельство позволяет констатировать, что приведенные в исследовании показатели дают объективную оценку процессов концентрации в региональном отраслевом секторе экономики и должны использоваться при разработке отраслевых документов стратегического планирования. Несомненно, показатели концентрации производства не являются универсальным инструментом анализа текущего состояния отрасли и могут применяться исключительно в комплексе с иными проверенными авторитетными методами и приемами.

### Библиографический список

1. Методические рекомендации по подготовке стратегий развития отраслей экономики. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71664942/> (дата обращения: 09.08.2018).
2. Развитие методологии структурно-отраслевой и экономико-технологической организации лесного сектора экономики (на примере лесного сектора Республики

Башкортостан): монография / под общ. ред. А.В. Мехренцева. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018. 309 с.

3. Толмачев М.Н. Методология расчета показателей концентрации сельскохозяйственного производства // Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2010. Т. 10. Вып. 2. С. 103–111.

4. Адашкевич С.П. Сравнительный анализ методов измерения концентрации производства // Экономика и управление. 2012. № 3. С. 100–105.

УДК 658+674

**П.В. Королев**

(P.V. Korolev)

(ИрННТУ, г. Иркутск, РФ)

E-mail для связи с автором: tpwood@rambler.ru

### **ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ МОНОПОЛИЙ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЛЕСОЭКСПОРТЕРОВ**

#### **INFLUENCE OF NATURAL MONOPOLIES ON THE COMPETITIVENESS OF FOREST EXPORTERS**

*В статье рассматривается негативное влияние естественных государственных монополий на эффективность работы и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса при экспорте лесоматериалов. Материалы статьи могут быть использованы лесозэкспортерами при взаимоотношениях с перевозчиком в арбитражном процессе.*

*The article considers the negative impact of natural state monopolies on the work efficiency and competitiveness of forestry enterprises in the export of timber. The article's materials can be used by timber exporters when dealing with the carrier in the arbitration process.*

Государственный орган в лице Федеральной таможенной службы (ФТС) и естественная государственная монополия в лице ОАО «РЖД», единственным акционером которого является государство, оказывают значительное влияние на эффективность работы и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса при экспорте лесоматериалов. Это влияние не всегда бывает положительным.

Например, при отгрузке экспортных лесоматериалов представители Федеральной таможенной службы требуют от лесозэкспортеров указывать в таможенной декларации объем отгружаемой продукции не менее определенной величины даже в том случае, если фактический объем в кубических метрах менее требуемого.

Со своей стороны, естественная государственная монополия ОАО «РЖД» требует от лесозэкспортеров указывать массу лесоматериалов в килограммах, которая не должна превышать грузоподъемность вагона, указанную в техническом паспорте на вагон.

Эти проблемы не раз обсуждались на заседаниях Правления Союза лесопромышленников и лесозэкспортеров Иркутской области совместно с представителями ФТС и ОАО «РЖД», однако принять решение, исключающее негативное влияние государственных структур на эффективность работы лесных предприятий, на региональном уровне так и не удалось.

В соответствии со статьей № 23 «Проверка груза» Соглашения о Международном железнодорожном грузовом сообщении (далее по тексту – СМГС), ОАО «РЖД» может провести контрольную перевеску вагона, которая проходит на пограничной станции, находящейся на расстоянии тысяч километров от станции погрузки.

Согласно статье № 43 СМГС «Ограничение ответственности при недостатке массы груза», ОАО «РЖД» несет ответственность лишь за ту часть недостачи, которая превышает 2 % от массы сданных к перевозке в сыром (влажном) состоянии грузов (или 1 % от массы сухих грузов). Это означает, что перевозчику выгоднее считать перевозимый груз как «сухой» груз.

В соответствии со статьей № 16 СМГС «Ответственность за сведения, внесенные в накладную», отправитель несет ответственность за все последствия от неправильного указания сведений в накладной. Если перевозчик сам записывает в накладную сведения по указанию отправителя, то ответственность несет отправитель в виде уплаты неустойки в пятикратном размере провозной платы в соответствии с предписаниями статьи № 31 «Уплата провозных платежей и неустоек».

Учитывая тот факт, что перевозчик является монополистом и самостоятельно формирует цены на свои услуги, то и вышеназванные неустойки перевозчик вправе взыскивать независимо от возмещения возможного ущерба и других неустоек, уплачиваемых отправителем.

Мелким и средним предприятиям в этом случае грозит разорение и банкротство, а крупные предприятия, кроме финансовых потерь, несут имиджевые потери из-за срыва сроков поставки лесоматериалов зарубежным покупателям.

Крупные предприятия пытаются решить эту проблему в арбитражных судах, неся дополнительные финансовые затраты. Нередко такие судебные процессы длятся год или два. Можно предположить, что лесным предприятиям сложно выиграть в этом судебном процессе, призывая к здравому смыслу и равноправной состязательности сторон, так как перевозчик апеллирует тем, что он защищает государственные интересы, перечисляет налоговые поступления в казну, обеспечивает до 1 млн рабочих мест, предотвращает разрушение железнодорожных путей и т. д.

Кто прав в этой ситуации: отправитель или перевозчик, мы не беремся судить. А предоставим читателям некоторые факты, а выводы они уже сделают самостоятельно.

Итак, исходные данные стандартной ситуации: на одной из ж/д станций на севере Иркутской области лесозэкспортер в декабре отгружает свежеспиленные бревна из сосны покупателю в Китай. В начале января вагон с бревнами поступает на пограничную ж/д станцию в Забайкальском крае. Перевозчик проводит на этой пограничной ж/д станции контрольную перевеску вагона, находит перегруз вагона сверх его грузоподъемности, составляет коммерческий акт, задерживая при этом отправку вагона покупателю в Китай, и требует оплатить неустойку в размере более 600 тыс. рублей. Отправитель груза (лесозэкспортер), уверенный в том, что при отправке лесоматериалов перегруза вагона не было, обращается в арбитражный суд.

Тогда перевозчик, удивляясь, что кто-то может сомневаться в его правоте, апеллирует вышеназванными факторами и дополнительно обращает внимание суда на следующее:

1. Являются ли свежеспиленные бревна сосны пиловочником всяких пород дерева, как указано в ж/д накладной?

2. Свежеспиленные бревна сосны не являются влажным грузом и к ним применяется норма естественной убыли не 2, а 1 %. Влажность древесины не может быть выше 100 %.

3. Масса груза (то есть масса лесоматериалов) во время их транспортировки в течение нескольких недель на расстоянии несколько тысяч километров не может изменяться.

Независимые эксперты, назначенные арбитражным судом, следующим образом отвечают на поставленные вопросы:

## Ответ № 1

При анализе документа «оригинал накладной (для получателя) № ...» в графе 15 «Наименование груза» были указаны его коды по Гармонизированной номенклатуре грузов (ГНГ) 44032031 и Единой тарифно-статистической номенклатуре грузов (ЕТСНГ) 081188.

Известно, что ГНГ служит для кодирования грузов в международном грузовом сообщении. ГНГ создана на основе кодирования товаров Всемирной таможенной организации и соответствует номенклатуре грузов Международного союза железных дорог. Код ГНГ 4403031 соответствует следующему наименованию груза: «Бревна из сосны Обыкновенной».

ЕТСНГ служит для кодирования грузов и используется железной дорогой при оформлении перевозочных документов для определения необходимого тарифа и расчета провозной платы по территории дорог ОАО «РЖД».

Код ЕТСНГ 081188 соответствует следующему наименованию груза: «Пиловочник всяких пород дерева» и в свою очередь соответствует коду ГНГ 4403031 «Бревна из сосны Обыкновенной».

Согласно «Инструкции по заполнению вагонных листов», в документе «вагонный лист на повагонную отправку № ...» по форме ГУ-38а ВЦ, которая составляется на автоматизированном рабочем месте на ж/д станции отгрузки, наименование груза и его код заполняется в соответствии с Гармонизированной номенклатурой грузов (ГНГ), согласно накладной № ..., машинным способом. В документе «вагонный лист на повагонную отправку № ...» в графе наименование груза указано «Пиловочник ВС», то есть «Пиловочник всяких пород дерева».

Такое сокращение в вагонном листе разрешается в случае невозможности внесения в графу «Наименование груза» полного наименования груза по ГНГ и допускается указание сокращенного наименования груза, не искажающего характеристик груза с обязательным проставлением кода ГНГ, соответствующего полному наименованию данного груза.

В соответствии с ГОСТом 17462-84 «Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения», общий термин «лесоматериалы» включает в себя частное понятие «Круглые лесоматериалы», которые включают в себя частное понятие «Круглый сортament», который включает в себя частное понятие «Бревно», который включает в себя частное понятие «Бревно пиловочное».

ГОСТ 17462-84 разрешает для отдельных стандартизованных терминов применять их краткие формы в случаях, исключающих возможность их различного толкования.

Таким образом, термин «Бревно пиловочное» часто сокращают до краткой формы «пиловочник», то есть это бревно, которое предназначено для его распиливания на доски (пиломатериал).

Например, на лесопильном производстве сотрудники, не имеющие специального лесотехнического образования, используют термин «кругляк сосны», подразумевая под ним термин «пиловочник» или «Бревно пиловочное».

В лесопильном производстве для выработки пиломатериалов всех назначений используют «Круглые лесоматериалы», частным случаем которых являются «Бревна пиловочные». По длине, толщине и качеству «Бревна пиловочные» должны удовлетворять требованиям ГОСТа 9463-88 (о хвойных породах древесины) и ГОСТ 9462-88 (о лиственных породах древесины).

Таким образом, «Пиловочником всяких пород дерева» являются пиловочники следующих лесоматериалов: сосны Обыкновенной, березы Пушистой, березы Бородавчатой, лиственницы Сибирской, осины, ели Сибирской, пихты Сибирской, сосны

Сибирской, так как это «Бревна пиловочные» хвойных или лиственных пород древесины.

*Ответ № 2*

В растущем дереве древесина содержит значительное количество воды, необходимой для его жизнедеятельности [1–6]. В свежесрубленной древесине в зависимости от условий хранения и транспортировки содержание воды может увеличиваться или уменьшаться. При использовании древесины в строительстве, мебельном производстве и других случаях часть воды из древесины удаляют с целью улучшения качества материалов и готовых изделий.

Для количественной характеристики содержания воды в древесине используют показатель – влажность. Под влажностью (абсолютной) понимают выраженное в процентах отношение массы воды к массе сухой древесины. Определяют влажность древесины по ГОСТу 17231-78, ГОСТу 16483.7-71.

*Примечание: для дров часто используют понятие влажность (относительная), под которой понимают выраженное в процентах отношение массы воды к общей массе дров (древесина + вода).*

Влажность в растущем дереве сосны (или свежесрубленном) распределена неравномерно [1]: влажность ядра составляет 33 %, заболони (древесины, расположенной между сердцевинной и корой) – 112 %, коры – 120 %.

Средняя влажность свежесрубленной древесины или «Бревна пиловочного» сосны составляет 88 %. Наибольшая влажность в сосне наблюдается зимой (ноябрь–февраль), а наименьшая – летом (июль–август).

Различают две формы воды, содержащейся в древесине: связанную и свободную. Связанная вода находится в клеточных стенках, а свободная содержится в полостях клеток и в межклеточных пространствах. Связанная вода прочно удерживается, и удаление этой воды затруднено. Свободная вода из древесины очень легко удаляется и очень легко впитывается обратно за счет гигроскопичности древесины.

На практике различают пять степеней влажности древесины:

1. Мокрая древесина (длительное нахождение под дождем, мокрым снегом или в воде) имеет влажность более 100 % для «Пиловочника всяких пород дерева». Максимальная влажность может быть: у березы – 135 %, у сосны 185 %, у ели – 212 %, у кедра – 229 %.

2. Свежесрубленная древесина имеет влажность 50–100 % для «Пиловочника всяких пород дерева».

3. Древесина атмосферной сушки (сушки пиломатериала на воздухе в течение двух месяцев) имеет влажность 15–20 %.

4. Древесина камерной сушки (сушки пиломатериалов в специальных камерах) имеет влажность 8–12 %.

5. Абсолютно сухая древесина (сушка при температуре 103 °С) имеет влажность 0 %. Такая древесина нигде не используется.

Например, влажность 50 % означает, что в образце массой 150 кг находится 50 кг воды и 100 кг сухой древесины. Влажность 100 % означает, что в образце массой 200 кг находится 100 кг воды и 100 кг сухой древесины. Влажность 185 % означает, что в образце массой 285 кг находится 185 кг воды и 100 кг сухой древесины.

Таким образом, к наименованию груза «Пиловочник всяких пород дерева» применимо состояние: груз влажный, так как это свежесрубленная древесина.

В документе «оригинал накладной (для получателя) № ...» в графе 15 «Наименование груза» указаны его коды: код ГНГ 4403031 – «Бревна из сосны Обыкновенной», код ЕТСНГ 081188 – «Пиловочник всяких пород дерева».

Следовательно, по оригиналу накладной № ... можно установить состояние груза на момент отправки: груз влажный, так как груз относится к «Пиловочнику всяких пород дерева», а это свежесрубленная древесина.

Таким образом, к свежеспиленным бревнам применима норма естественной убыли 2 % (в соответствии со статьей № 43 СМГС).

Кроме того, представители перевозчика в суде часто путают такие понятия, как: относительная влажность воздуха (которая не может быть более 100 %) и абсолютная влажность древесины (которая для сосны может составлять 185 %).

### *Ответ № 3*

Масса древесины зависит от ее влажности: чем больше влажность, тем больше масса древесины. На влажность древесины влияют такие ее свойства, как: высыхание, влагопоглощение, водопоглощение. При высыхании древесины ее влажность уменьшается, а при влагопоглощении и водопоглощении влажность древесины увеличивается.

*Высыхание древесины* – это испарение воды из древесины в окружающую среду за счет ее гигроскопических свойств. Высыхание древесины используется при ее сушке. При сушке пиломатериалов в специальных сушильных камерах интенсивность процесса удаления воды выше чем на открытом воздухе.

*Влагопоглощение* – это свойство древесины поглощать влагу (водяные пары) из окружающего воздуха за счет гигроскопичности. Влагопоглощение древесины повышается при повышении относительной влажности воздуха и при понижении температуры окружающего воздуха.

*Водопоглощение* – это свойство древесины при непосредственном контакте с водой (дождем, мокрым снегом, градом) впитывать эту воду (вследствие пористого строения древесины) и увеличивать свою влажность. Максимальная влажность, которой достигает погруженная в воду древесина, для сосны составляет 185 %.

Процесс водопоглощения ускоряется с повышением температуры окружающего воздуха. При водопоглощении влажность древесины может увеличиться в два раза в течение одних суток.

Таким образом, масса груза («Пиловочник всяких пород дерева») зависит от влажности древесины, на которую влияют внешние факторы в процессе транспортировки.

Высыхание груза возможно при повышении температуры и уменьшении относительной влажности воздуха.

Влагопоглощение груза происходит при повышении относительной влажности воздуха и понижении температуры окружающего воздуха.

Водопоглощение груза происходит при контакте жидкой воды (дождя, мокрого снега, града) с древесиной и может увеличиться в два раза в течение одних суток.

Если сравнить климатические условия на станции погрузки и станции перевески груза, то они отличаются незначительно:

- на станции погрузки средняя температура в декабре–январе составляет  $-25^{\circ}\text{C}$ , а годовая норма осадков – 391 мм;

- на станции перевески груза средняя температура в декабре–январе составляет  $-28^{\circ}\text{C}$ , а годовая норма осадков – 441 мм.

Следовательно, изменение массы груза (лесоматериалов) может происходить из-за способа определения массы груза в вагоне при его погрузке и перевеске или во время транспортировки груза.

На ж/д станции погрузки масса груза определяется в вагоне при движении, а на ж/д станции при перегрузке – в статике с расцепкой.

Кроме того, если при первой перевеске груза в статике с расцепкой излишек против грузоподъемности вагона примем за 100 % (согласно коммерческому акту), то

повторная перевеска того же вагона и на тех же весах через 5 дней показала излишек – 86 %, о чем был составлен второй коммерческий акт, а повторная третья перевеска через 3 дня показала излишек уже 40 %, о чем был составлен третий коммерческий акт! При этом техпаспорт ж/д весов и акт с датой последней их поверки прилагался.

Расчеты показывают, что если при отгрузке лесоматериалов их влажность составляла 88 %, то при первой перевеске влажность была 99 %, при второй – 91 %, а при третьей – 89 %. Следовательно, масса круглых лесоматериалов увеличилась во время транспортировки за счет влагопоглощения и/или водопоглощения.

А за период времени трехкратной перевески груза (8–10 дней), пока вагон находился на ж/д станции, показатель влажности лесоматериалов опять вернулся к своим первоначальным значениям, так как климатические условия на станциях отгрузки и перевески идентичны.

Используя метод интерполяции, можно предположить, что четвертая перевеска груза через 3–4 дня уже не показала бы излишек против грузоподъемности вагона, а масса груза в вагоне была бы такой же, как и при его погрузке.

### *Выводы*

1. Материалы данной статьи могут быть использованы лесозэкспортерами при взаимоотношениях с перевозчиком в арбитражном суде.

2. Масса груза (круглых лесоматериалов) может значительно увеличиваться во время транспортировки за счет влагопоглощения и водопоглощения в течение даже одних суток. Сушеные пиломатериалы упакованы в пленку и свою массу практически не меняют во время транспортировки.

3. Коммерческие интересы перевозчика (естественной государственной монополии) входят в противоречие с интересами государства, так как снижают эффективность работы и конкурентоспособность лесозэкспортеров.

4. Таким образом, разрешение этого противоречия вызывает требование ограничить монопольную власть одного перевозчика.

Актуальность этой проблемы будет только возрастать и можно предположить, что недалеко то время, когда монополия будет «разрушена» и на рынке перевозок появятся независимые частные эффективные перевозчики.

### **Библиографический список**

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник. М.: ГОУ ВПО «МГУЛ», 2007. 351 с.

2. ГОСТ 17462-84. Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения. URL: [https://dnaop.com/html/41897/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_17462-84](https://dnaop.com/html/41897/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_17462-84) (дата обращения 14.08.2018).

3. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9463-88> (дата обращения 14.08.2018).

4. ГОСТ 9462-88. Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-9462-88> (дата обращения 14.08.2018).

5. ГОСТ 17231-78. Лесоматериалы круглые и колотые. Методы определения влажности. URL: <http://www.vashdom.ru/gost/17231-78/> (дата обращения 14.08.2018).

6. ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Методы определения влажности. URL: <https://docinfo.ru/gost/gost-16483-7-71/> (дата обращения 14.08.2018).



УДК 338.45

**А.В. Мехренцев, Ю.Н. Ростовская, Ю.А. Капустина, Л.М. Долженко**

(A.V. Mekhrencev, Y.N. Rostovskaya, Y.A. Kapustina, L.M. Dolzhenko)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: ros090lo@mail.ru

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В РОССИИ И МИРЕ**

### **THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE MARKET OF SAWNWOOD IN RUSSIA AND IN THE WORLD**

*В статье приведен анализ динамики производства и потребления пиломатериалов в России и мире за 2010–2016 годы, выявлены основные тенденции, обозначены перспективы дальнейшего развития рынков продукции лесопильного производства.*

*The article presents an analysis of the dynamics of production and consumption of sawnwood in Russia and in the world for 2010–2016 years, identified the main trends, identified the prospects for further development of markets of sawmill production.*

Лесной сектор – глубоко интегрированная в мировые и отечественные экономические бизнес-процессы отрасль экономики. Малейшие экономические и финансовые колебания, происходящие на микро- или макроуровнях оказывают непосредственное влияние на динамику развития спроса на лесопродукцию на внутреннем и внешнем рынках.

Мировой рынок пиломатериалов, начиная с 2010 года, показывает стабильный рост, постепенно преодолевая последствия финансового кризиса 2008 года. В 2016 году общемировой выпуск пиломатериалов составил 468 млн м<sup>3</sup>, что на 3,3 % выше уровня предшествующего периода. Лидерами лесопильного производства традиционно являются Соединенные Штаты Америки, Китай, Канада, Россия и Германия. На их долю в совокупности приходится 56 % общемирового выпуска пиломатериалов (рис. 1).

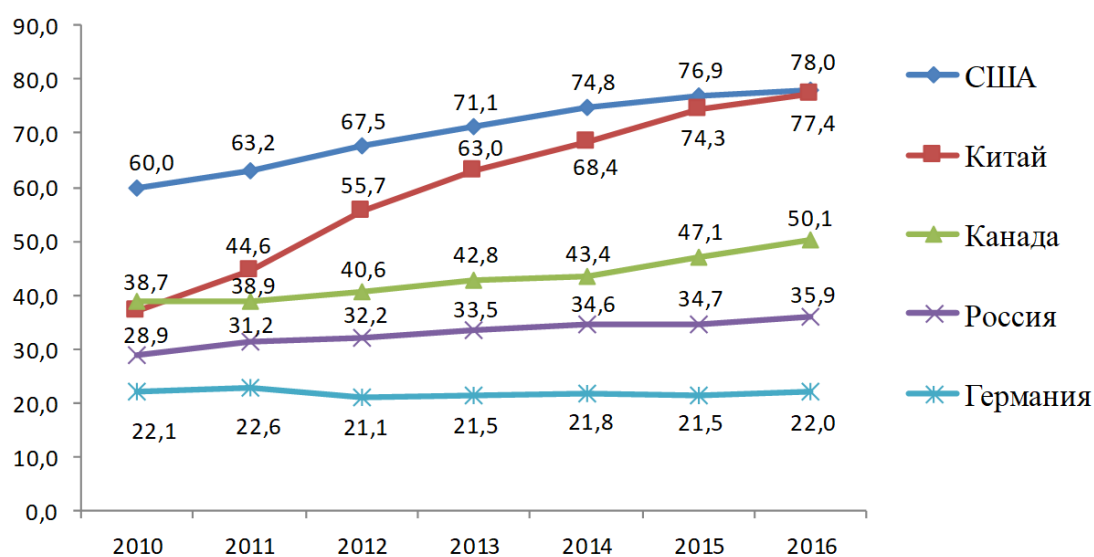


Рис. 1. Динамика объемов производства пиломатериалов в России и мире в 2010–2016 гг., млн м<sup>3</sup> [1]

Являясь крупнейшими производителями, Китай и Соединенные Штаты Америки одновременно выступают основными импортерами продукции лесопильного производства. В 2016 году они импортировали 33 и 30 млн м<sup>3</sup> пиломатериалов соответственно.

В пятерку крупнейших экспортеров пиломатериалов в 2016 году вошли Канада, Россия, Швеция, Финляндия и Германия. В общей сложности они экспортировали 89 млн м<sup>3</sup> (61 % от мирового объема экспорта пиломатериалов).

Лидером по потреблению пиломатериалов в мире является Китай. Наряду с ним в пятерку ведущих стран-потребителей входят Соединенные Штаты Америки, Германия, Канада и Япония (рис. 2).

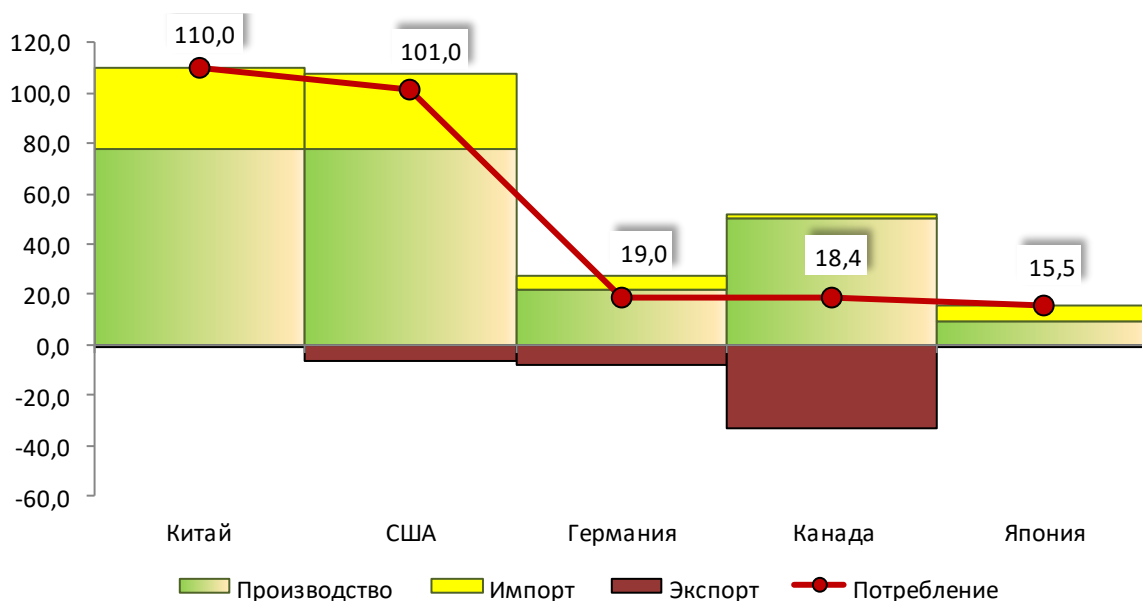


Рис. 2. Пятерка ведущих стран-потребителей пиломатериалов в мире в 2016 году, млн м<sup>3</sup> [1]

Россия занимает 4 место в мире по производству лесоматериалов продольно распиленных. Доля России в мировом рынке пиломатериалов колеблется в пределах 8 %.

Объем производства пиломатериалов в России увеличился в 2016 году на 3,5 % по сравнению с предыдущим годом и составил 35,9 млн м<sup>3</sup>. Прирост объемов по сравнению с 2010 годом составил 24,3 %. Среднегодовой темп прироста – 3,7 %.

Основные объемы производства пиломатериалов в России сосредоточены в Сибирском и Северо-западном федеральных округах – 66,9 % в совокупности.

Введение в 2008 году ограничений на экспорт круглого леса, в первую очередь, отразилось на отраслях лесоперерабатывающей промышленности, связанных с первичной переработкой круглого леса. Часть пиловочника, который ранее экспортировался в виде сырья, теперь перерабатывается внутри страны на пиломатериалы.

По уровню валютной выручки экспорт пиломатериалов занимает первое место среди экспортной продукции лесного сектора экономики России. По итогам 2016 года доля экспорта пиломатериалов в совокупной выручке от продажи продукции лесопромышленного комплекса на экспорт составила 32,5 %.

Основными импортерами хвойных пиломатериалов являются Китай, на долю которого приходится 29 % всех экспортных поставок хвойных пиломатериалов из России, а также Узбекистан, Египет, Япония и Великобритания (рис. 3).

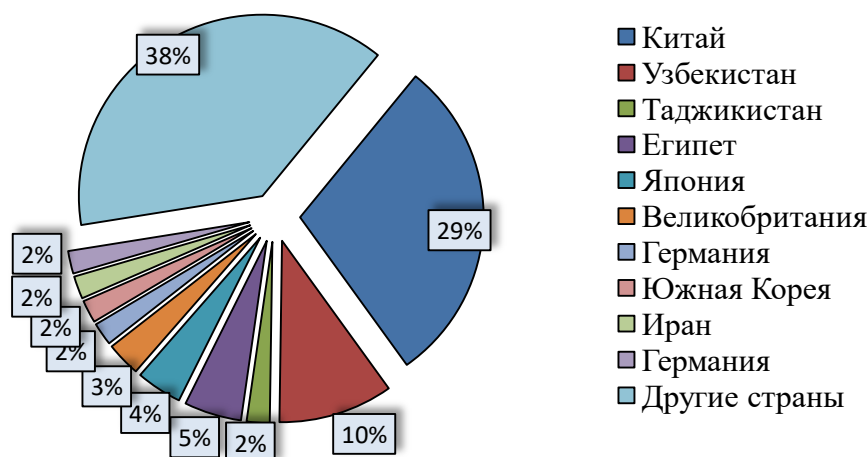


Рис. 3. Структура Российского экспорта пиломатериалов по странам-импортерам в 2016 г. [2]

Следует отметить умеренный рост объемов экспорта пиломатериалов из России в Узбекистан и Таджикистан, что объясняется, с одной стороны, отсутствием видимых альтернатив российским пиломатериалам, а с другой – более низкими техническими требованиями, предъявляемыми к продукции лесопиления в странах Средней Азии по сравнению со странами дальнего зарубежья. Это дает возможность выхода на экспортный рынок небольшим лесопильным предприятиям, ориентированным на производство продукции по ГОСТу 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород» для внутреннего рынка [3].

Ключевыми факторами переориентации российских производителей пиломатериалов на экспортные рынки явилось сокращение внутреннего спроса и ослабление курса рубля к евро и доллару. Экспорт пиломатериалов из России неуклонно растет в среднем на 7 % в год. В 2016 году по сравнению с 2010 годом объем экспортных поставок пиломатериалов увеличился в 1,5 раза и составил 27 млн м<sup>3</sup>. Объем видимого потребления продукции лесопильного производства на внутреннем рынке, напротив, снижается (см. таблицу).

Видимый баланс потребления пиломатериалов в России в 2010–2016 годах [4, 5, 6] тыс. м<sup>3</sup>

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Производство	28 870	31 250	32 230	33 500	34 600	34 650	35 900
Экспорт	17 571	19 701	20 286	21 320	22 272	23 801	26 973
Импорт	14	34	31	46	38	62	25
Видимое потребление	11 313	11 583	11 975	12 226	12 345	10 911	8 952
Темп роста, %	122,3	102,4	103,4	102,1	100,9	88,4	82,1

В перспективе развитие лесопильной промышленности будут обеспечивать следующие факторы: переход от морально и физически устаревших технологий рамного лесопиления к ленто- и круглопильным технологиям, увеличение доли пиломатериалов с нормированной влажностью, переход на выпуск сертифицированной пилопродукции, повышение использования отходов лесопиления в биоэнергетике и производстве древесных композитных материалов.

В перспективном периоде емкость внутрироссийского рынка пиломатериалов будет обусловлена темпами роста реальных доходов населения и торговли, ситуацией в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

По прогнозам Министерства экономического развития РФ, к 2030 году уровень потребления пиломатериалов в России увеличится в 2 раза и составит 16,5 млн м<sup>3</sup>, при этом улучшится их качественная структура и структура потребления. Если в настоящее время выпускаются в основном обезличенные пиломатериалы, то в перспективе более 35 % будут занимать высококачественные конструкционные, отделочные, биозащитные, столярные и специфицированные пиломатериалы [7].

### Библиографический список

1. URL: <http://www.fao.org/statistics/en/> (дата обращения: 09.08.2018).
2. URL: <http://www.customs.ru> (дата обращения: 09.08.2018).
3. Иконников В. Российский рынок экспортных пиломатериалов. Тенденции развития // ЛесПромИнформ: электрон. журн. 2017. № 3 (125). URL: <http://www.lesprominform.ru/jarticles.html?id=4636> (дата обращения: 09.08.2018).
4. Развитие методологии структурно-отраслевой и экономико-технологической организации лесного сектора экономики (на примере лесного сектора Республики Башкортостан): монография / под общ. ред. А.В. Мехренцева. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018.
5. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 09.08.2018).
6. URL: <http://www.customs.ru> (дата обращения: 09.08.2018).
7. Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года / Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций. Рим, 2012. 86 с. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3020r.pdf> (дата обращения: 09.08.2018).

УДК 338.45

**А.В. Мехренцев<sup>1</sup>, Е.Н. Стариков<sup>1</sup>, Е.С. Мезенцева<sup>2</sup>**

(А.В. Mekhrencev<sup>1</sup>, Е.Н. Starikov<sup>1</sup>, Е.С. Mezenceva<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: starik1705@yandex.ru, mezentseva\_elena@mail.ru

### **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ РФ\***

#### **POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS IN THE FOREST SECTOR OF RUSSIAN FEDERATION**

*В статье рассматривается текущая ситуация и перспективы применения технологий Интернета вещей в мире и Российской Федерации. Приведены основные характеристики рынка Интернета вещей, особенности его применения в различных сферах, преимущества и ограничения. Описана специфика применения промышленного Интернета вещей в различных отраслях, включая лесной сектор. Приведен отечественный и зарубежный опыт применения технологий, основанных на Интернете вещей.*

---

\*Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием ФАНО России для ФГБУН «Институт экономики УрО РАН» на 2018 г.

*The article looks at the current situation and prospects for the application of Internet of things technologies in the world and the Russian Federation. It gives the basic characteristics of the Internet of things market, features of its application in various spheres, its advantages and limitations. The specifics of the use of Industrial Internet of things in various industries, including the forest sector, are described. The domestic and foreign experience of applying of technologies based on the Internet of things is presented.*

Актуальным трендом для развитых стран является цифровизация экономик, под которой понимаются различные элементы автоматизации. Одним из наиболее эффективных инструментов в достижении нового уровня цифровизации может стать *Интернет вещей* (Internet of Things – IoT) [1]. В мире растет количество «подключенных» устройств: по оценкам отраслевых аналитиков, к 2020 г. их будет от 20 до 50 млрд единиц. И вместе с этим увеличивается число примеров применения Интернета вещей в экономике: энергетике, промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, сельском хозяйстве, транспорте, здравоохранении и др.

По данным всемирного исследования PwC Digital IQ® за 2017 год, IoT занимает первое место среди 8 прорывных технологий, способных изменить бизнес-модели компаний или целых индустрий, опережая в этом рейтинге искусственный интеллект, дополненную реальность, технологию, связанную с созданием дронов и управлением ими, блокчейн и ряд других [2]. Интернет вещей также находится на первом месте в рейтинге, учитывающем уровень инвестиций в новые и перспективные технологии.

В настоящее время емкость мирового рынка IoT-решений оценивается по-разному. До 2020 г. она может превысить 1,2 трлн долл. США, при этом объем российского рынка пока сравнительно небольшой. Однако именно сегодня осуществляется переход от теории к этапу практического применения. Так, например, аналитики из J'son & Partners Consulting предсказывают увеличение объема российского рынка IoT (услуг, технологий, оборудования) до 1 млрд долл. к 2020 году [3].

По экспертной оценке агентства AC & M, рынок IoT в России в 2016 г. вырос на 30 % и составил 10 млн устройств. В 2017 г. ожидался более внушительный рост числа эксплуатируемых девайсов – на 40 % (или до 14 млн устройств). Объем инвестиций в IoT в 2016 г. составил 4 млрд долл., а в 2020 г. ожидается 9 млрд. За два ближайших года доходность проектов в области IoT должна превысить 6 млрд долл.

Интернет вещей – ценная технология для тех сфер, где нужно оперировать обширными парками техники и оборудования. При этом темпы развития этого рынка очень сильно зависят от госзаказа. Рынок Интернета вещей развивается за счет автоматизации различных массовых сфер (коммунальных услуг, энергетики, транспорта), которые контролирует и обеспечивает государство.

Опыт российских организаций в части использования Интернета вещей в основном связан с решением логистических задач, контролем производственного оборудования, а также обеспечением качества работы систем и бизнеса. Все эти сферы применения актуальны и для лесного сектора экономики.

Главный сдерживающий фактор развития Интернета вещей – это стоимость устройств. Основа проектов IoT – это, прежде всего, устройства, датчики. Для крупных серьезных проектов их требуется значительное количество.

Высокий спрос на IoT-решения существует в промышленности. Здесь следует применять термин «промышленный Интернет вещей» (Industrial Internet of Things – IIoT). *Промышленный интернет вещей* – многоуровневая система, включающая в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах промышленного объекта, средства передачи собираемых данных и их визуализации, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации и многие другие компоненты [4].

Соответствующие решения в промышленности позволяют постоянно контролировать оборудование и на основе полученных данных оптимизировать производство. Положительными эффектами применения ПоТ являются экономия сырья и ресурсов, повышение качества и количества произведенной продукции, а также обеспечение промышленной безопасности и безопасности персонала промышленных объектов.

Российский аналитический центр TAdviser совместно с ГК «Ростех» провел исследование рынка промышленного Интернета вещей в России. По оценкам TAdviser, российский рынок ПоТ составил 93 млрд руб. в 2017 г. и по прогнозам вырастет к 2020 г. до 270 млрд руб. [5].

Практически любые машины и оборудование, в том числе, лесопромышленных предприятий, могут обмениваться информацией. Используя эти данные, компании могут лучше контролировать технологические процессы, планировать загрузку мощностей, оперативно проводить настройку и адаптацию производственных систем. С помощью специально разработанных мобильных приложений возможно накопление статистических данных о техническом состоянии активов для дальнейшего управления надежностью оборудования. Также промышленный Интернет вещей может помочь со сбором и динамическим анализом данных потребления электроэнергии станками.

Анализ лучших мировых практик внедрения ПоТ в исследовании J'son & Partners Consulting показывает, что основными сферами применения решений в сфере промышленного интернета являются производства, характеризующиеся наличием одного либо нескольких следующих важных условий [4]:

- 1) выпуск широкой номенклатуры продукции, использование значительного перечня комплектующих;
- 2) потребность в повышении качества выпускаемой продукции и снижении степени брака;
- 3) потребность в обеспечении эффективного сервисного обслуживания ранее поставленной продукции;
- 4) потребность в снижении эксплуатационных затрат производства;
- 5) значительная энергоемкость производства;
- 6) сложные производственные условия;
- 7) потребность в оперативной диагностике неисправностей технологического оборудования для снижения незапланированных остановок производства;
- 8) потребность в обеспечении высокой производительности персонала;
- 9) потребность в обеспечении безопасности персонала;
- 10) необходимость системной интеграции широкого спектра.

В качестве практического примера можно привести компанию «Техносерв», которая в настоящее время проводит комплексное обследование в «Русской Лесной Группе», по результатам которого будут подготовлены рекомендации по внедрению промышленного IoT в производственные процессы предприятий «Русской Лесной Группы», в том числе, инвентаризации, сортировки и складской логистики, мониторинга оборудования и цепочек поставок.

Реализация решений промышленного Интернета вещей имеет свою специфику в каждой отрасли. Для эффективного его применения необходимо понимание предметной сферы, бизнеса компании, существующих проблем и «узких мест», отраслевой опыт и экспертиза. С технологической точки зрения необходимы определенные компетенции в области работы с конечными устройствами – поставщиками данных, интеграционными и аналитическими платформами для дальнейшей консолидации и анализа информации.

Реализация проектов в сфере Интернета вещей сдерживается тем, что существует «технологический» разрыв между уровнем развития предприятий и потенциальными

возможностями, которые может дать применение IoT – они гораздо шире и разнообразнее, нежели запросы российского бизнеса. Также частым препятствием, по мнению игроков рынка, являются пробелы в законодательстве. Однако они отмечают, что в 2016 г. произошли первые изменения в сторону упрощения регулирования. Например, создание поддерживаемой на государственном уровне дорожной карты развития Интернета вещей. В рамках этого проекта будут пересмотрены правила пользования частотными диапазонами.

В качестве еще одного примера применения цифровых технологий можно привести опыт Metsa Group (Финляндия). Современные технологии позволяют в смартфоне посмотреть на данные аэрофотосъемки лесного массива, оценить запасы, проконсультироваться с экспертом, а также продать лес и заказать услуги по высаживанию или рубке растений. Все эти возможности доступны пока только для родного региона финского лесопромышленного концерна.

Сегодня материнская структура – фактически кооператив 140 тыс. частных владельцев леса, и они уже оценили инновации. К середине 2017 г. с помощью цифровых инструментов было продано около 28 % продукции концерна, востребованность цифровых услуг по управлению лесами была еще выше [6].

В Финляндии IT-инструменты помогают бизнесу решить 4 важнейших задачи: узнать точно, что и где растет; что заготовлено и когда надо вывезти; что уже вывезли и как использовали.

Разработчики рассчитывают в ближайшее время представить сервис для создания цифровой модели леса. Сейчас для этого апробируются 2 технологии сбора данных – дроны, вооруженные камерами, и беспилотники с лазерами. Как отмечает старший вице-президент Metsa Group Юха Ямпанен, в будущем каждое дерево, растущее в Финляндии, получится смоделировать, и участники экосистемы смогут узнать его местоположение, длину, диаметр, вид и другие данные.

В России Metsa Group производит пиломатериалы; лесозаготовку финны ведут в Ленинградской области. На этой территории, по информации Ивана Козлова, директора по IT Metsa Group (Россия), также планируется мониторинг леса с помощью дронов, пока же учет и оценка обстановки проводятся с помощью датчиков, установленных на специальных машинах Harvest.

Она одна заменяет лесозаготовительную бригаду, и все ее действия фиксирует бортовой компьютер, в том числе, породу и характеристики бревна. Здесь в лесах нет Интернета, поэтому данные не передаются онлайн, а обновляются в системе ежедневно, но пока этого, как отмечает Иван Козлов, для планирования работы хватает. Лесовозы оборудованы GPS-датчиками, что позволяет контролировать погрузку, разгрузку и доставку [7].

Однако в большинстве лесных регионов РФ отсутствуют и такие технологии. По итогам первого полугодия 2017 г. ущерб выявленной незаконной рубки, согласно информации Минприроды, превысил 4,5 млрд руб. Внедрение западного опыта, когда учитывается каждое дерево, российским лесозаготовителям мешает ряд причин.

По мнению гендиректора АО «Геолэкспертиза» С. Якуцени, внедрению цифровых технологий в лесозаготовке в России, как и во всем природоресурсном блоке, мешает нежелание бизнеса становиться полностью прозрачным, а значит, полностью оплачивать установленные правительством платежи.

Эти платежи начисляются из объемов, поданных добывающими и разрабатывающими организациями. Цифровая модель выделенных лесных участков контролируется средствами внешнего аппаратного контроля (спутниковый мониторинг и др.). Интернет-технологии позволяют вычислять объем заготовленной древесины в автоматизированном режиме, что ликвидирует «серый бизнес».

Еще одним сдерживающим фактором на пути внедрения инноваций выступает патентное право. Как поясняет руководитель отдела патентования Патентно-адвокатского бюро «Гардиум» Е. Купцова, согласно законодательству РФ, тот, кто запатентовал разработку первым, получает приоритет на ее использование. Другие лица не имеют на это права без разрешения владельца и будут привлечены к ответственности. Зачастую приобрести права на уже запатентованную технологию становится крайне затратным.

Помимо перечисленных технологий, можно упомянуть следующие, которые могут найти применение в лесном хозяйстве. Так, воздушное лазерное сканирование становится все более востребованной технологией съемки данных у специалистов.

Сфера лесозаготовки также может использовать возможности мобильных сканеров. В компании «Аэрогеоматика» (г. Краснодар), работающей в данном сегменте, отмечают, что двое геодезистов смогут собрать и занести в систему данные с 50 га лесных насаждений за месяц, в то время как воздушный лазерный сканер справится с задачей за день. Мобильные устройства, производимые компанией, поднятые в воздух, например, гексакоптером dji600, видят в подробностях и поверхность земли, и биомассу. Такой лазерный сканер может достаточно точно посчитать количество деревьев.

Одной из наиболее актуальных задач является защита лесных насаждений. От огня и от незаконной вырубки. Чтобы противостоять незаконным рубкам, используются разные методы. Например, в джунглях Бразилии деревья оснащают миниатюрным модулем сотовой связи. Устройство, разработанное компанией Cargo Tracsk, может работать без подзарядки до года и постоянно передает сигнал о своем местоположении. Как только система зафиксирует перемещение маячка, информация об этом поступит в центр оперативного реагирования и в контрольные ведомства.

В России применяется альтернативная система – космический мониторинг лесозменений. Впервые его применили в 2015 г. в Дальневосточном федеральном округе. Система «Кедр» была разработана WWF России на основе российской платформы «Циторус».

Автоматический анализ материалов дистанционного зондирования Земли позволяет выявлять незаконные рубки благодаря автоматическому анализу оперативных космических снимков. Данные «упаковываются» и могут поступать на мобильные устройства лесников. В первых экспериментах «космический алгоритм» показал почти 80 % эффективности; с точностью 100 % «Кедр» смог обнаружить рубки площадью со среднее футбольное поле.

Что касается лесных пожаров, от которых Россия ежегодно теряет более \$1,8 млрд, то и здесь могут применяться отечественные ИТ-разработки. Резидент «Сколково» компания «ДиСиКон» (г. Нижний Новгород) разработала программно-аппаратный комплекс для мониторинга леса и раннего обнаружения возгораний в лесах.

Система «Лесной Дозор» – это сеть подключенных к Интернету вращающихся тепловизоров и IP-видеокамер, установленных на вышках, и софт, определяющий координаты задымлений и возгораний в радиусе 30 км. Чтобы снизить нагрузку на линии связи, данные обрабатываются на месте – в «умных точках мониторинга», а затем передаются в систему.

Своими потенциальными заказчиками «ДиСиКон» видят не только лесные хозяйства или заповедники, но и МЧС, Министерство обороны, арендаторов леса (на их долю приходится 20 % лесов в стране). По подсчетам компании, в стране можно установить до 30 тыс. станций мониторинга. Глобальный рынок в 4 раза больше отечественного.



Если говорить непосредственно о сфере деревообработки, то здесь уместен пример финской компании Raute, которая внедрила технологии промышленного Интернета вещей в производство.

Компания Raute обладает столетним опытом в производстве деревообрабатывающего оборудования, при этом она активно внедряет в производственный процесс современные высокотехнологичные решения. Один из примеров – технология Smart Mill (Умная «мельница», умный комбинат) [8], разработанная корпорацией. В основе концепции Smart Mill – комплексные технологические решения, позволяющие при помощи умных анализаторов и цифровой информационной системы улучшить работу оборудования на каждом из этапов, от биржи сырья до готовой фанеры и клееного бруса.

Совершенствование технологического процесса повышает общую эффективность производства, снижая материальные потери и увеличивая прибыль. К примеру, коэффициент использования сырья возрастает до 15 % по сравнению с традиционными технологиями изготовления шпона.

Таким образом, возможности применения промышленного Интернета вещей для лесопромышленного комплекса (от лесозаготовки до производства конечной продукции) достаточно широки, повсеместно внедряются в развитых странах – промышленных лидерах и уже реализуются на ряде отечественных предприятий. Для отечественных предприятий особую важность представляет адаптация и внедрение наиболее успешных мировых практик в сфере промышленного Интернета, что является одним из важных условий достижения эффективности и конкурентоспособности лесопромышленного комплекса на внутреннем и внешнем рынках.

## Библиографический список

1. Интернет вещей (IoT) в России: технология будущего, доступная уже сейчас: Исследование PriceWaterHouseCooper. URL: [https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/IoT-inRussia-research\\_rus.pdf](https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/IoT-inRussia-research_rus.pdf) (дата обращения: 09.08.2018).
2. PwC, Всемирное исследование Digital IQ® за 2017 год. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/digital-iq.html> (дата обращения: 09.08.2018).
3. Internet of Things – 2017: сферы применения и перспективы. Комментарии участников рынка. URL: <http://ict-online.ru/analytics/a148267> (дата обращения: 09.08.2018).
4. Industrial Internet of Things – IIoT: промышленный интернет вещей. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT\\_-\\_Industrial\\_Internet\\_of\\_Things\\_](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_-_Industrial_Internet_of_Things_) (Промышленный интернет вещей) (дата обращения: 09.08.2018).
5. Промышленный интернет вещей в России: исследование TAdviser и ГК «Ростех». URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT\\_2018:\\_Рынок\\_промышленного\\_интернета\\_вещей\\_в\\_России](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IIoT_2018:_Рынок_промышленного_интернета_вещей_в_России) (дата обращения: 09.08.2018).
6. В цифровом лесу: Интернет вещей для лесорубов // Деловой журнал ИнвестФорсайт. URL: <https://www.if24.ru/tsifrovoi-les-iot-dlya-lesorubov/> (дата обращения: 09.08.2018).
7. Информационные технологии в лесной промышленности. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные\\_технологии\\_в\\_лесной\\_промышленности#cite\\_note-0](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_лесной_промышленности#cite_note-0) (дата обращения: 09.08.2018).
8. RAUTE: smart-технологии для производства шпона и фанеры // Отраслевой журнал лесопромышленного комплекса Сибири. URL: <https://lpk-sibiri.ru/equipment/derevoobrabotka/raute-smart-tehnologii-dlya-proizvodstva-shpona-i-fanery/> (дата обращения: 09.08.2018).

УДК 330.3, 338.1

**А.В. Мехренцев<sup>1</sup>, Е.Н. Стариков<sup>1</sup>, Л.А. Раменская<sup>2</sup>**

(A.V. Mekhrencev<sup>1</sup>, E.N. Starikov<sup>1</sup>, L.A. Ramenskaya<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>УрГЭУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: starik1705@yandex.ru, ramen\_lu@mail.ru

**ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ  
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ  
ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**INSTITUTIONAL CONDITIONS AND PERSPECTIVE DIRECTIONS  
OF THE DIGITAL ECONOMY DEVELOPMENT  
IN THE TIMBER INDUSTRY COMPLEX OF THE SVERDLOVSK REGION**

*Статья посвящена рассмотрению институциональных условий развития цифровых технологий в лесной промышленности, включая рассмотрение стратегических направлений, перспективных рынков и направлений государственного стимулирования развития цифровой экономики. Выделены ключевые направления технологического отраслевого развития и сформулированы перспективные направления НИОКР в лесном секторе экономики региона.*

*The article is devoted to the consideration of the institutional conditions for the development of digital technologies in the timber industry, including consideration of strategic directions, promising markets and directions of state stimulation of the development of the digital economy. The key directions of technological branch development are singled out and perspective directions of R & D in the forest sector of the regional economy are formulated.*

Современный мир стоит на пороге масштабных преобразований, обусловленных достижениями информационных технологий. Воздействие цифровизации на экономику, общество и отдельных людей не имеет аналогов в прошлом. Очевидно, что рост количественных показателей электронной коммерции, применения цифровых технологий в различных сферах бизнеса приведет к качественной трансформации глобальной экономической системы.

Цифровая революция затронет все сферы экономической жизни, включая отрасли традиционной промышленности.

В этих условиях появляются широкие возможности для прорывного роста и, соответственно, возникают новые риски. Реакция на возникающие вызовы способствует появлению или потере долгосрочных конкурентных преимуществ как на уровне отдельных компаний, отраслей, регионов, так и страны в целом.

Особенностям формирования цифровой экономики в России и исследованию перспектив и возможностей реализации госпрограммы посвящены работы российских исследователей [1, 2, 3].

Для лесопромышленных предприятий вопросы развития цифровых технологий, возможно, в настоящее время стоят не столь остро, однако долговременный тренд будет способствовать эскалации проблем трансформации бизнес-моделей под воздействием цифровизации в будущем.

По оценкам экспертов доля цифровой экономики постоянно растет и к настоящему моменту составляет более 10 % ВВП США и Китая, в России – 4 % [4, 5].

По данным исследований BCG, к текущему моменту времени Россия занимает 39 место из 85 по уровню развития цифровой экономики, по-прежнему опережая прочие страны БРИК по развитию цифровой инфраструктуры, несмотря на значительное продвижение Китая и Бразилии в этом направлении.

Текущее отставание России от стран-лидеров развития цифровизации (Дания, Швеция, Южная Корея и др.) составляет около 5–8 лет [6].

Развитие цифровой экономики невозможно без активной государственной политики в этой сфере. Важны как конкретные меры государственной поддержки, так и общая констатация значимости данного направления развития.

Приоритетность развития цифровых технологий в промышленности России подтверждается Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития РФ», где декларируется «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Стратегическое представление о роли цифровой экономики содержится в «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [7].

Долгосрочный прогноз основных тенденций технологического развития и рынков будущего в соответствии с основными направлениями четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) осуществлен командой Национальной технологической инициативы (НТИ).

На основе значимости в глобальном масштабе и возможности занятия лидирующих позиций российскими компаниями были выделены 9 перспективных рынков будущего [8]:

- 1) AeroNet – распределенные системы беспилотных летательных аппаратов;
- 2) NeuroNet – рынок средств человеко-машинных коммуникаций, основанных на достижениях нейротехнологий;
- 3) EnergyNet – рынок распределенной энергетики, обеспечивающий интеллектуальный характер сетей;
- 4) AutoNet – логистический рынок услуг, систем и современных транспортных средств на основе интеллектуальных платформ, сетей и инфраструктуры;
- 5) HealthNet – рынок персонализированной медицины, основанный на технологических платформах создания новых медицинских материалов, биопротезов, искусственных органов, персональных фармакологических препаратов, профилактики и лечения старения;
- 6) SafeNet – рынок персональных систем безопасности;
- 7) MariNet – рынок морских интеллектуальных систем;
- 8) FoodNet – рынок производства пищевых продуктов, основанный на достижениях биотехнологий и интеллектуализации, автоматизации и роботизации процессов;
- 9) FinNet – рынок децентрализованных финансовых систем и валют.

Институциональной основой государственного стимулирования развития данного направления в России является государственная программа «Цифровая экономика», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р.

Для управления эволюционированием цифровой экономики, которая определяется как «хозяйственная деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме», в программе выделены 5 базовых направлений развития:

- нормативное регулирование;
- кадры и образование;

- формирование исследовательских компетенций и технических заделов;
- информационная инфраструктура и информационная безопасность.

По каждому из направлений определены цели и задачи, сформированы мероприятия по достижению ключевых «вех» за трехлетние периоды до 2024 года, содержащиеся в дорожной карте.

Основными показателями эффективности реализации государственной программы являются следующие характеристики цифровой экономики Российской Федерации в 2024 году:

1) успешное функционирование не менее 10 работающих на глобальном рынке российских компаний, которые развивают ключевые «сквозные» технологии цифровой экономики;

2) успешное функционирование не менее 10 отраслевых цифровых платформ для основных предметных областей экономики, в числе которых упоминаются «умные города», цифровое образование и здравоохранение;

3) успешное функционирование не менее 500 малых и средних предприятий в сфере создания цифровых технологий и платформ, оказания цифровых услуг.

Помимо этого, к числу показателей относятся количество выпускников образовательных организаций по направлениям подготовки, связанным с информационно-коммуникационными технологиями, показатели участия в исследовательских проектах развития цифровой экономики, развития широкополосного доступа к сети Интернет и покрытия 5G, снижение внутрироссийского сетевого трафика, маршрутизируемого через иностранные серверы.

На первоочередные мероприятия программы в 2018 году выделены 3 040,4 млн рублей ассигнований бюджетного фонда Правительства РФ [9].

Для координации взаимодействия между органами государственной власти, бизнес-сообществом и научно-образовательными организациями в рамках выделенных ключевых направлений госпрограммы, успешными высокотехнологичными компаниями создана Автономная некоммерческая организаций «Цифровая экономика» [10].

В 2017 году проект «Цифровая экономика» включен в перечень приоритетных стратегических проектов Российской Федерации [11]. В связи с этим региональные проектные офисы должны разработать паспорт программы развития цифровой экономики в регионах.

Для Свердловской области, являющейся одним из наиболее промышленно развитых регионов страны, важны вопросы развития институтов цифровой экономики именно в промышленном комплексе региона. В качестве основных приоритетов развития в рамках выделенных направлений госпрограммы могут рассматриваться следующие:

1) трансформация структуры научно-производственных активов в направлении экономических приоритетов цифровой экономики;

2) внедрение новых подходов и стандартов в организации производства с учетом достижений и трендов мировой цифровой экономики;

3) создание институциональных условий для активного участия субъектов промышленной деятельности в формировании пространства цифровой экономики;

4) развитие компетенций персонала научных и промышленных организаций, способствующих формированию направлений технологического лидерства региона в условиях глобального цифрового пространства и обеспечению безопасности и суверенитета национального пространства цифровой экономики;

5) развитие цифровой инфраструктуры, включая создание благоприятных условий для функционирования цифровых платформ в регионе;

6) развитие производства оборудования для обеспечения цифровой инфраструктуры.

Результатом развития цифровизации промышленности региона должно стать появление «умных предприятий». «Умное предприятие» представляет собой производственное решение, которое представляет собой комбинацию программного, аппаратного обеспечения и механических устройств, позволяющих обеспечить гибкость и адаптивность производственных процессов в изменяющемся окружении [12].

Основными точками роста цифровой экономики Свердловской области должны стать отрасли обрабатывающей промышленности, как имеющие наибольший инновационный потенциал. К числу перспективных отраслей развития относится лесной сектор экономики.

Несмотря на то, что лесная промышленность не является отраслью специализации Свердловской области, она обладает значительным производственным потенциалом. Регион занимает 4 место по производству фанерной продукции в лесном секторе экономики России, 6 место по производству пиломатериалов и 10 по заготовке древесины.

Технологическому развитию региональных предприятий отрасли способствует благоприятная экономическая конъюнктура – рост спроса на мировом рынке практически по всей номенклатуре производимой продукции. Лидерами по темпам роста спроса являются производство плит и лесопильный продукции, от которых несколько отстает целлюлозно-бумажное производство.

Так, общемировой объем производства OSB в 2016 году увеличился на 10 %, ДСП – на 4 %, пиломатериалов – на 2,4 %, что обусловлено развитием деревянного домостроения и мебельного производства. Перспективным направлением является производство топливных гранул-пеллет, мировое производство которых стабильно растёт. Так, в 2016 г. увеличение выпуска пеллет составило 6 %.

Наиболее перспективные направления технологического развития лесопромышленного комплекса в регионе, обеспечивающих базис развития «умных предприятий» и перспективные рынки развития, в том числе рынки, выделенные НТИ, представлены в таблице.

Перспективные направления технологического роста  
в лесопромышленном комплексе Свердловской области

Направление	Перспективные рынки реализации продукции	Муниципальные образования – перспективные центры развития компетенций по направлениям
Производство биоразлагающихся изделий одноразового использования	1) рынок гигиенических товаров; 2) рынок товаров народного потребления; 3) HealthNet	Туринск, Новая Ляля
Интеллектуальные системы управления лесозаготовительной техникой	1) высокоточное приборостроение; 2) транспортное машиностроение; 3) NeuroNet	Екатеринбург
Альтернативная энергетика – биоэнергетика, биоэлектроэнергетика, биотопливо	1) международный рынок энергоресурсов; 2) рынок малой энергетики; 3) EnergyNet	Серов, Алапаевск, Новая Ляля
Мебель	1) рынок жилищного строительства; 2) рынок товаров народного потребления; 3) HealthNet	Екатеринбург, Верхняя Пышма, Нижний Тагил, Алапаевск

Окончание табл.

Направление	Перспективные рынки реализации продукции	Муниципальные образования – перспективные центры развития компетенций по направлениям
Экостроительство	1) рынок жилищного строительства, жилищные реновации; 2) рынок промышленного строительства; 3) HealthNet	Нижний Тагил, Верхняя Тура, Алапаевск
Производство современных импортозамещающих строительных и отделочных материалов	1) рынок жилищного строительства; 2) рынок промышленного строительства	Верхняя Салда, Краснотурьинск, Алапаевск
Лесохимия	1) рынок лакокрасочных материалов; 2) парфюмерная и медицинская промышленность; 3) рынок адсорбентов; 4) химическая промышленность; 5) металлургия; 6) HealthNet	Кировград, Серов Верхняя Тура, Алапаевск

Развитие выделенных направлений становится возможным при развитии инновационного потенциала отрасли, обеспечиваемого сотрудничеством производственных предприятий и научно-исследовательских организаций, специализирующихся на отраслевых исследованиях.

В соответствии с перспективными направлениями цифровой экономики и анализом развития отраслевых научно-технологических разработок можно выделить ключевые направления НИОКР в лесном секторе экономики региона:

1. Разработка ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов производства целлюлозы, химико-термомеханической массы, бумаги, картона и переработки макулатуры.

2. Разработка технологий производства бумаги для печати, в том числе мелованной этикеточной, газетной, для цифровой печати, с покрытиями различного назначения на основе химико-термомеханической массы и целлюлозы, производимых без хлора.

3. Разработка перспективных технологий производства технических, санитарно-гигиенических бумаг и композиционных материалов.

4. Разработка технологий переработки побочных продуктов целлюлозно-бумажной промышленности и вторичных продуктов лесохимии.

5. Разработка технологических процессов и оборудования по переработке древесной массы в альтернативные виды жидкого топлива (этанол, бензин, биодизель).

6. Разработка нового поколения лесных машин конкурентоспособного уровня с улучшенными функциональными характеристиками, щадящими воздействиями на лесную среду, увеличенными показателями надежности.

7. Разработка импортозамещающих образцов машин и оборудования, не производимых в стране.

8. Разработка лесозаготовительных машин и технологий для заготовки древесины в сложных природных условиях (слабонесущие грунты, сильно пересеченная местность, горные условия).

9. Разработка отечественного бумагоделательного оборудования, отвечающего уровню наилучших существующих технологий.

Обобщая сказанное выше, можно сделать вывод о том, что мероприятия по цифровизации отраслевого рынка – это не эфемерные перспективы, а насущная реальность, с которой промышленные предприятия вскоре столкнутся.

Важным аспектом развития является подготовка персонала отраслевых предприятий к пониманию возможностей и угроз, являющихся следствием развития цифровой экономики. С учетом этого, вслед за ведущими отечественными университетами – МГУ и НИУ ГУ ВШЭ, целесообразно включение курса по цифровой экономике в широкий перечень программ подготовки обучающихся и повышения квалификации.

## Библиографический список

1. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития / А.В. Бабкин, Д.Д. Буркальцева, Д.Г. Костень, Ю.Н. Воробьев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. № 3. Т. 10. С. 9–25.

2. Паньшин Б. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития // Наука и инновации. 2016. № 157. Т. 3. С. 17–20.

3. Толкачев С.А. Индустрия 4.0 и ее влияние на технологические основы экономической безопасности России // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. 2017. № 1 (25). С. 86–91.

4. Граматчиков А. Цифровая реальность // Эксперт. 2017. № 29. С. 14.

5. Экономика Рунета 2017: исследование экономики рынков интернет-сервисов и контента в России. URL: [http://raec.ru/upload/files/de-itogi\\_booklet.pdf](http://raec.ru/upload/files/de-itogi_booklet.pdf) (дата обращения: 18.05.2018).

6. Россия онлайн? Догнать нельзя отстать. URL: [http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Russia-Online\\_tcm27-152058.pdf](http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Russia-Online_tcm27-152058.pdf) (дата обращения: 18.05.2018).

7. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363) (дата обращения: 18.05.2018).

8. Официальный сайт Национальной технологической инициативы. URL: <http://www.nti2035.ru> (дата обращения: 18.05.2018).

9. Распоряжение Правительства РФ от 29 марта 2018 г. № 528-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/aqrGeWIr4N7FhERxWr92sNB9E080xmAU.pdf> (дата обращения: 18.05.2018).

10. Цифровая экономика. URL: <https://data-economy.ru> (дата обращения: 18.05.2018).

11. Протокол заседания Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 19.07.2017 г. URL: <http://www.kremlin.ru/events/councils/55100> (дата обращения: 18.05.2018).

12. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions / Radziwon A., Bilberg A., Bogers M., Madsen, E.S. // Procedia Engineering. 2014. № 69. Pp. 1184–1190.

УДК 674.055:338.45

**В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова, М.Г. Тутынина**

(V.G. Novoselov, T.V. Polyakova, M.G. Tutynina)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: kozerog54@yandex.ru

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

### **ECONOMIC EFFICIENCY OF INCREASE IN RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF MILLING OF WOOD**

*Рассмотрена проблема повышения надежности технологических систем фрезерования древесины. Произведены расчеты экономии трудовых и материальных ресурсов. Показана экономическая эффективность предлагаемых технических решений.*

*The problem of increase in reliability of technological systems of milling of wood is considered. Calculations of economy of labor and material resources are made. The economic efficiency of the proposed technical solutions is shown.*

Как показали проведенные теоретические [1] и экспериментальные [2] исследования, средняя наработка технологических систем фрезерования древесины до отказа по параметрам продукции «точность» и «шероховатость обработанной поверхности» может отличаться от установленного периода стойкости стального режущего инструмента (8–10 ч) [3, 4] в меньшую сторону более чем в 2 раза. Это может привести к выпуску до 50 % некачественной продукции и потребует дополнительной обработки до соответствия техническим требованиям [5, 6]. Соответственно, это приведет к увеличению суммарных затрат на производство. Избежать этого можно путем пересмотра нормативов периода стойкости в меньшую сторону. Но это, в свою очередь, приведет к увеличению затрат на эксплуатацию инструмента: расходы на инструментальные и абразивные материалы, расходы по заработной плате основных рабочих и ремонтно-обслуживающего персонала и другие.

Альтернативным способом решения этой проблемы является применение более износостойких инструментальных материалов: неперетачиваемых ножей из высоколегированных сталей или твердых сплавов, имеющих повышенный период стойкости. Однако и в этом случае увеличиваются расходы на инструмент.

Сократить расходы возможно при использовании обычной инструментальной стали, например, 8Х6НФТ, подвергнув ее поверхностной упрочняющей обработке, например, пучками ионов азота высокой энергии или химико-термической обработке методом борирования в порошках [7]. Это дает однократное повышение износостойкости до 2,5 раз.

Но при последующей заточке по задней грани лезвия упрочненный слой сошлифовывается, и во избежание образования фаски износа требуется новая упрочняющая обработка. Сохранить упрочненный слой материала на истираемой задней грани лезвия позволяет решение по патенту на полезную модель [8], где стальной нож сборного инструмента позиционирован своей плоскостью тангенциально относительно оси вращения.

При этом бывшая задняя грань становится передней, по ней производится заточка на обычном оборудовании, а бывшая передняя грань становится задней, не подвергающейся сошлифовке. Таким образом, наработка технологических систем фрезерования



древесины до отказа по параметрам продукции «точность» и «шероховатость обработанной поверхности» доводится до нормативного периода стойкости инструмента.

Расчет экономической эффективности основан на методике профессора В.К. Пашкова [9] с некоторой модификацией. Общая годовая экономия складывается из экономии затрат по зарплате основных рабочих  $\mathcal{E}_{op}$  и уменьшения расходов на режущий инструмент  $\mathcal{E}_{ин}$ :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{o.p} + \mathcal{E}_{ин}. \quad (1)$$

Годовая экономия по зарплате основных рабочих составит:

$$\mathcal{E}_{o.p} = \frac{P \mathcal{Z}_{o.p} t_{cm}}{60 T_{cm}} \left( 1 - \frac{1}{m} \right), \quad (2)$$

где  $P$  – годовая программа обработки на данной операции, шт/год;

$\mathcal{Z}_{o.p}$  – часовая тарифная ставка рабочего-станочника, занятого на данной операции (для двух и более рабочих – сумма их тарифных ставок), с учетом отчислений по соцстраху и дополнительной зарплаты, руб.;

$t_{cm}$  – время, затрачиваемое станочником на смену затупившегося инструмента, включая наладку, мин [10];

$T_{cm}$  – количество изделий, обрабатываемых за период стойкости инструмента, шт;

$m$  – коэффициент увеличения периода стойкости.

Годовая программа обработки на данной операции определится из часовой производительности станка  $P_{\text{ч}}$  и эффективного времени его работы в году  $T_{\text{эф}}$ :

$$P = P_{\text{ч}} T_{\text{эф}}. \quad (3)$$

Часовая производительность станка, шт/час:

$$P_{\text{ч}} = \frac{60 K_p K_m i}{T_{\text{ц}}}, \quad (4)$$

где  $K_p$  – коэффициент использования рабочего времени станка;

$K_m$  – коэффициент использования машинного времени;

$i$  – количество одновременно обрабатываемых деталей;

$T_{\text{ц}}$  – время цикла обработки одной заготовки, мин.

Часовая тарифная ставка рабочего-станочника, занятого на данной операции,

$$\mathcal{Z}_{op} = \frac{y j 12}{T_{\text{эр}}}, \quad (5)$$

где  $y$  – тарифный коэффициент, установленный для рабочего данной квалификации;

$j$  – тарифная ставка рабочего  $l$  разряда, руб. в месяц;

$T_{\text{эр}}$  – эффективный фонд рабочего времени за год по графику 40-часовой рабочей недели (в соответствии с производственным календарем), час.

$$T_{cm} = v T 60/L, \quad (6)$$

где  $v$  – скорость подачи, м/мин;

$T$  – средний период стойкости стального инструмента, час;

$L$  – длина обрабатываемой заготовки, м.

Эффективный годовой фонд времени работы оборудования определяется за вычетом из номинального годового фонда рабочего времени оборудования  $T_{ном}$  времени на капитальный ремонт станка  $T_{рем}$ :

$$T_{эф} = T_{ном} - T_{рем}. \quad (7)$$

Номинальный годовой фонд времени  $T_{ном}$ , определяется с учетом 40-часовой рабочей недели:

$$T_{ном} = [G - (B + П)] M P_{см}, \quad (8)$$

где  $G$  – количество календарных дней в году;

$B$  – количество выходных и праздничных дней в году;

$П$  – дни простоя оборудования в плановом ремонте без капитального;

$M$  – количество смен в сутках;

$P_{см}$  – продолжительность рабочей смены, ч.

Время на капитальный ремонт станка определяется в зависимости от его ремонтной сложности, ч:

$$T_{рем} = \frac{KH}{a_{cp}}, \quad (9)$$

где  $K$  – категория ремонтной сложности станка;

$H$  – норма простоя на одну ремонтную единицу;

$a_{cp}$  – средний период капитального ремонта станка.

Годовая экономия от уменьшения расходов на режущий инструмент:

$$\mathcal{E}_{ин} = \frac{PC_{cm}}{T_{cm}} \left( 1 - \frac{k}{m} \right), \quad (10)$$

где  $C_{cm}$  – стоимость одного периода стойкости инструмента, руб.;

$k$  – отношение стоимостей периода стойкости стального упрочненного и не упрочненного инструмента.

$$C_{cm} = \frac{C_{н. см}}{n_c^{cm}} + \frac{t_{зам}^{cm} 3_{зам}}{60} + \frac{C_{\kappa} H_{cm}}{100}, \quad (11)$$

где  $C_{н. см}$  – первоначальная стоимость стального инструмента, руб.;

$n_c^{cm}$  – число периодов стойкости в течение срока службы стального инструмента;

$t_{зам}^{cm}$  – время, затрачиваемое на одну переточку стального инструмента [11];

$Z_{\text{зат}}$  – часовая тарифная ставка заточника с учетом отчислений по соцстраху и дополнительной зарплаты определяется по формуле (5), руб.;

$C_k$  – стоимость 1 см<sup>3</sup> полезно используемой части абразивного круга, руб.;

$H_{\text{ст}}$  – расход абразивных кругов на одну переточку стального инструмента, см<sup>3</sup>.

$$C_k = \frac{C}{\pi(D^2 - d^2) \frac{0,8h}{4}}, \quad (12)$$

где  $C$  – стоимость круга, руб.;

$D$  – наружный диаметр чашки, см;

$d$  – внутренний диаметр чашки, см;

$h$  – высота чашки, см.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\delta}}{\Delta + 0,15K_{\delta}}, \quad (13)$$

где  $K_{\delta}$  – стоимость капитальных вложений на модернизацию станка в связи с изменением конструкции режущего инструмента, руб.

Исходные данные и результаты расчетов для двух станков фрезерной группы (рейсмусового СР6-8 и четырехстороннего Beaver-523) приведены в таблице.

Параметры рейсмусового станка СР6-8 и четырехстороннего станка Beaver-523

Наименование параметра	Модель станка	
	СР6-8	Beaver-523
Коэффициент использования рабочего времени $K_p$	0,8	0,8
Коэффициент использования машинного времени $K_m$	0,8	0,8
Количество одновременно обрабатываемых деталей $i$ , шт	1	1
Время цикла обработки одной заготовки, $T_{\text{ц}}$ , мин	0,21	0,15
Часовая производительность станка $P_{\text{ч}}$ , шт/ч	183	256
Номинальный годовой фонд времени $T_{\text{ном}}$ , ч	1 912	1 912
Время на капитальный ремонт станка $T_{\text{рем}}$ , ч	18	18
Эффективный годовой фонд времени работы оборудования $T_{\text{эф}}$ , ч	1 894	1 894
Годовая программа обработки на данной операции, шт	346 337	484 864
Часовая тарифная ставка двух рабочих-станочников $Z_{\text{ор}}$ , руб.	232,52	232,52
Эффективный фонд рабочего времени за год $T_{\text{эр}}$ , ч	1 974	1 974
Средний период стойкости непрочного инструмента $T$ , ч	3,26	3,26
Количество изделий, обрабатываемых за период стойкости инструмента $T_{\text{ст}}$ , шт	948,36	1562
Коэффициент увеличения периода стойкости	2,5	2,5
Годовая экономия по зарплате основных рабочих $\Delta_{\text{ор}}$ , руб.	28 022,34	33 965,6
Часовая тарифная ставка заточника $Z_{\text{зат}}$ , руб.	82,06	118,54
Стоимость 1 см <sup>3</sup> полезно используемой части абразивного круга $C_k$ , руб.	7,32	7,32
Стоимость одного периода стойкости стального инструмента $C_{\text{ст}}$ , руб.	222,77	490,63
Годовая экономия от уменьшения расходов на режущий инструмент $\Delta_{\text{ин}}$ , руб.	48 812,8	91 378,8

Окончание табл.

Наименование параметра	Модель станка	
	CP6-8	Beaver-523
Общий годовой экономический эффект Э, руб.	76 834,52	125 344,37
Затраты на модернизацию $K_0$ , руб.	12 000	48 000
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{ок}$ , лет	0,15	0,36

### Выводы

Как показали расчеты, повышение надежности – увеличение средней наработки технологических систем фрезерования древесины до отказа по параметрам продукции «точность» и «шероховатость обработанной поверхности» до нормативного значения периода стойкости инструмента позволяет при обеспечении надлежащего качества продукции получить экономический эффект от сокращения непроизводительных затрат труда основных рабочих и уменьшения расходов по эксплуатации инструмента.

### Библиографический список

1. Новоселов В.Г., Полякова Т.В. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды Международн. евразийск. симпозиума / под ред. И.Т. Глебова. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2006. С. 108–114.
2. Рогожникова И.Т., Новоселов В.Г., Абдулов А.Р. Исследование зависимости шероховатости обработанной поверхности от затупления инструмента при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды VI Международн. евразийск. симпозиума / под ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2011. С. 160–162.
3. Справочное пособие по деревообработке / В.В. Кислый, П.П. Щеглов, Ю.И. Братенков [и др.]. Екатеринбург: БРИЗ, 1995. 558 с.
4. Глебов И.Т., Неустроев Д.В. Справочник по дереворежущему инструменту. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2000. 253 с.
5. ГОСТ 8242-88. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. Технические условия. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 11 с.
6. ГОСТ 7315-83. Деревообрабатывающее оборудование. Станки строгальные четырехсторонние. Нормы точности. М.: Изд-во стандартов, 1983. 9 с.
7. Абдулов А.Р. Новоселов В.Г. Повышение износостойкости стальных ножей сборных фрез методом борирования в порошках // Леса России и хозяйство в них / ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». 2013. Вып. 4 (47). С. 6–9.
8. Ножевой вал деревообрабатывающего станка: пат. 172221 Рос. Федерация. № 2016150596; заявл. 21.12.16; опубл. 03.07.2017.
9. Пашков В.К. Расчет эффективности применения твердосплавного дереворежущего инструмента // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX Международн. евразийск. симпозиума 23–25 сентября 2014 г. / под науч. ред. В.Г. Новоселова. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2014. С. 23–26.

10. Единые нормы и расценки. ЕНиР § Е40-3-20. Перестановка режущих инструментов на деревообрабатывающих станках. URL: <http://snip1.ru/perestanovka-rezhushhix-instrumentov-na-derevoobrabatyvayushhix-stankah> (дата обращения 28.07.2018).

11. Пашков В.К., Щепочкин С.В. Организация инструментального хозяйства. Справочные материалы: учеб. пособие. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2008. 114 с.

**УДК 338.2**

**А.П. Петров<sup>1</sup>, Н.К. Прядилина<sup>2</sup>**

(А.Р. Petrov<sup>1</sup>, N.K. Pryadilina<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>ФАУ ДПО ВИПКЛХ, г. Пушкино, РФ; <sup>2</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: petrov@vipklh.ru, Lotos\_nk@inbox.ru

### **ЛЕСНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ: ФОРМИРОВАНИЕ РЫНОЧНЫХ ЦЕН НА ДРЕВЕСИНУ НА КОРНЮ**

#### **FORESTRY PLANNING: FORMATION OF STUMPAGE PRICES**

*Для Российской Федерации переход от административных методов управления к рыночным экономическим отношениям в сфере лесопользования потребует большого количества политических, законодательных и управленческих решений, первым из которых должно стать осознание невозможности сохранять существующую систему установления, взимания и распределения платежей за лесные ресурсы, в первую очередь, древесину на корню.*

*For the forestry sector in Russian Federation, the transition from administrative management to market relations will require a large number of political, legislative and management changes. Foremost among these is to recognize the impossibility of maintaining the existing system for establishing, collecting and distributing payments for forest resources, notably for stumpage prices.*

Опыт зарубежных стран, достигших высоких результатов в развитии лесного сектора убедительно свидетельствует о том, что основой формирования рыночных цен древесины на корню в условиях долгосрочного лесопользования является лесная рента. При этом зарубежный опыт не предлагает универсальных рецептов к установлению рыночных цен на лесные ресурсы без учета специфических факторов, присущих лесному законодательству, институциональной организации лесопользования в каждой стране.

Одним из главных направлений развития рыночных отношений в лесном секторе является создание адекватной системы платежей за лесные ресурсы.

В настоящее время большинство лесохозяйственных, лесоустроительных и лесочислительных работ оплачивается из бюджета, а лесной доход в основной своей массе поступает в распоряжение частного бизнеса. Постоянно сокращающееся бюджетное финансирование лесного хозяйства остро ставит вопрос о переводе взаимоотношений между государством и частным бизнесом в систему государственно-частного партнерства на новую финансовую модель.

Теоретической основой построения такой модели является фундаментальное положение рыночной экономики, согласно которому в создании валового и прибавочного продукта в отраслях, использующих природные ресурсы, участвуют на равных условиях

три фактора (капитал, труд, природные ресурсы), получая за это соответствующее вознаграждение.

Таким вознаграждением для капитала является прибыль, принадлежащая инвестору, для труда – оплата труда наемных работников, для собственника природных ресурсов – природная рента.

Перевод государственно-частного партнерства на рентные отношения позволит применительно к лесам по-иному оценить вклад лесоустройства как инструмента стратегического планирования и управления в эффективное инновационное развитие лесного сектора. Только через рентные отношения лесной сектор может не только значительно улучшить свое финансовое состояние, но и занять приоритетное положение среди отраслей, использующих природные ресурсы.

С 1 января 2007 года полномочия по установлению ставок платы за древесину, отпускаемую на корню, переданы регионам в соответствии с Федеральным законом № 199-ФЗ от 31 декабря 2005 года [1].

Ставки платы за древесину на корню, определяемые по постановлению Правительства РФ № 310 от 22 мая 2007 г. [2] полностью повторяют преysкуранты лесных такс, применявшихся в советской экономике при отпуске древесины на корню. Только поясное районирование заменено лесотаксовым районированием, и представленные ставки платы соответствуют современному масштабу цен на лесопродукцию.

Уроки применения ставок платы за древесину на корню по постановлению Правительства РФ № 310 от 22 мая 2007 г. следующие:

- 1) ставки платы привязаны к оценке древесины в составе отводимого в рубку лесосечного фонда;
- 2) ставки платы не учитывают эффекта в потреблении древесины и затрат на воспроизводство лесов;
- 3) ставки платы не стимулируют эффективное и комплексное использование древесных ресурсов;
- 4) плата за древесину администрируется органами государственной власти субъектов РФ вне их экономических интересов.

Базой для установления платежей в условиях долгосрочного лесопользования, как показывает опыт зарубежных стран, достигших высоких результатов в развитии лесного сектора, должна стать лесная рента (остаточная стоимость).

Оставляя в стороне теоретические вопросы формирования земельной и лесной ренты, дадим следующее определение природной (лесной) ренты как «остаточной стоимости, образующейся при использовании лесов, после того как предприниматель за счет полученного дохода возмещает материальные расходы, расходы на оплату труда и оставляет в своем распоряжении прибыль при нормативной рентабельности, достаточной для воспроизводства капитала». Именно в таком понимании определяется лесная рента (remained value) в зарубежных странах при обосновании цен на древесину на корню (stumpage price).

Лесная рента на практике является рыночной ценой древесины на корню (корневой ценой), на базе которой устанавливаются ставки платы.

Рыночная цена древесины на корню (корневая цена) устанавливается на базе цен на конечную продукцию деревопереработки, нормативных затрат на ее производство по всем переделам работ, включая заготовку и транспортировку круглых лесоматериалов [формула (1)].

$$S = \frac{P-Q-R}{m} - t(l) - q(x) - r(x), \quad (1)$$

где  $S$  – рыночная цена древесины на корню (корневая цена);

$P$  – цена на конечную продукцию деревопереработки;

$Q$  – нормативные затраты на производство конечной продукции (без стоимости древесного сырья);

$R$  – нормативная прибыль в производстве конечной продукции;

$m$  – расход круглого леса (щепы) на единицу конечной продукции;

$t(l)$  – расходы на транспортировку  $m^3$  круглого леса от места заготовки до пункта переработки в зависимости от расстояния;

$q(x)$  – нормативные затраты на заготовку древесины в зависимости от рентообразующих факторов ( $x$ ) за вычетом платежей;

$r(x)$  – нормативная прибыль в лесозаготовительном производстве в зависимости от рентообразующих факторов ( $x$ ).

Расчеты корневой цены по формуле (1) дадут большое количество значений данного показателя, что создаст основу для принятия решений по установлению ставок платы с учетом влияния макроэкономических и региональных факторов.

Рыночную цену древесины на корню, определяемую из цен на круглые лесоматериалы, можно рассчитать по формуле (2).

$$S = W - q_1(x) - r(x), \quad (2)$$

где  $W$  – цена сортамента круглого леса франко (пункт отгрузки);

$q_1(x)$  – нормативные затраты на заготовку древесины (без арендной платы);

$r(x)$  – нормативная прибыль на лесозаготовках (устанавливается исходя из оборота основного капитала – 5 лет).

Для определения лесной ренты не рекомендуется использовать цены на круглые лесоматериалы, которые, как правило, «деформированы» монополизацией лесных рынков. Для того чтобы реализовать рентный подход, основанный на приоритете рынков лесной продукции, необходимо на федеральном уровне создать систему постоянного мониторинга цен на лесопroduкцию. Обязанности по постоянному мониторингу лесных рынков следует возложить на специализированное учреждение, создаваемое в системе органов федеральной исполнительной власти в сфере лесных отношений, где будет возможность для сравнения прогнозных оценок состояния лесных ресурсов с перспективами развития лесных рынков.

Расчет лесной ренты предлагается проводить с использованием нормативных затрат как в сфере производства продукции, так и при ее транспортировке, что позволит реализовать баланс интересов государства и частного лесного бизнеса.

Нормативные затраты на заготовку древесины в связи с рентообразующими факторами должны устанавливаться методами моделирования с использованием компьютерных программ. Затраты на производство продукции из древесины планируется устанавливать в виде укрупненных нормативов: текущих затрат (себестоимости) и капитальных вложений (инвестиций).

Как показывает практика инвестиционной деятельности в зарубежных странах, для отраслей лесного сектора характерен весьма длительный срок оборачиваемости основного капитала, что формирует норму прибыли в размере 10–15 %.

На первоначальном этапе данный показатель на верхнем уровне 15 % можно признать приемлемым и для использования в расчетах лесной ренты для условий Российской Федерации. Нижний предел корневой цены древесины должен быть обусловлен нормативными затратами на лесопроизводство, охрану и защиту лесов, проведение

лесоустроительных и лесочетных работ, имеющих место на федеральном уровне, и получить статус федерального лесного налога, устанавливаемого в рублях за м<sup>3</sup> заготовленной древесины безотносительно к породе и сортаменту.

Разницу между корневой ценой и ее минимальным значением, по нашему мнению, сформирует лесной налог субъекта Российской Федерации, дифференцированный по сортаменту и (по возможности) по сортам. Полагаем, что лесной налог субъекта Российской Федерации создаст финансовые средства на:

- 1) создание и развитие транспортной и социальной инфраструктуры;
- 2) воспроизводство, охрану и защиту лесов на лесных участках, поступающих в рубку;
- 3) интенсификацию использования и воспроизводства лесов на территории субъекта РФ;
- 4) стимулирование спроса на лесопroduкцию и услуги на внутреннем рынке;
- 5) научное и кадровое обеспечение лесного сектора.

Лесной налог поможет решить смежные общеэкономические и политические проблемы:

1. Лесной налог в связи с объемами учтенной древесины ликвидирует основу нелегальных лесозаготовок и коррупционных сделок.
2. Лесной налог способен выполнять функции экспортных пошлин, ограничивая или расширяя экспорт круглых лесоматериалов.
3. Лесной налог создает условия для перехода на конкурсную систему доступа бизнеса к использованию лесов.

Условия, необходимые для установления и изъятия платы за древесину на корню в форме лесного налога:

1. Налогооблагаемая база в виде объемов учтенных заготовленных сортаментов круглого леса.
2. Рыночные цены на лесопroduкцию.
3. Нормативы затрат на заготовку круглого леса и на производство конечной продукции из древесины.
4. Нормативы затрат на воспроизводство лесов.

Федеральный закон от 23 декабря 2013 г. № 415-ФЗ [3] создает условия для совершенствования цен на древесину на корню. Закон позволил ввести систему учета фактически заготовленного круглого леса в разрезе сортаментов и предоставляет информацию по сделкам на рынке круглых лесоматериалов. При этом нерешенными остаются некоторые вопросы, которые требуют введения поправок в данный закон с учетом перехода на рентные отношения в лесном секторе.

Администрирование платежей за древесину на корню должно осуществляться налоговыми органами Российской Федерации и субъектов Российской Федерации. Аналитическую работу по созданию и сбору информации для установления и изменения корневых цен должны осуществлять федеральные и региональные органы государственной власти в сфере лесных отношений. Корневые цены должны пересматриваться ежегодно.

Для создания нормативной базы для оценки и постоянного мониторинга затрат и доходов по всему комплексу производств, превращающих древесину на корню в конечную лесопroduкцию, необходимо объединение усилий всех федеральных органов исполнительной власти в сфере лесных отношений в части выполнения научных и проектных работ в областях лесной экономики, планирования и финансирования.

Кроме того, требуется подготовка кадров специалистов в области ценообразования в лесном секторе и внедрение пилотных региональных проектов по формированию и использованию лесного дохода при различных формах государственно-частного



партнерства в лесном секторе. Замена действующей административной системы ценообразования древесины на корню на рыночную не может быть реализована каким-либо одним законодательным актом в рамках существующего Лесного кодекса Российской Федерации [4]. На уровне Правительства РФ следует утвердить программу реформирования экономических отношений, в которой должны быть представлены отдельные этапы, завершающиеся подготовкой законодательных актов и их принятием на федеральном и региональном уровнях [5]. В итоге это приведет к реализации механизма под названием «совершенствование системы платежей за пользование лесами», установленного «Основами государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов Российской Федерации до 2030 года» [6].

### Библиографический список

1. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием разграничения полномочий: федер. закон № 199-ФЗ от 31.12.2005 г.: принят Госдумой 23 декабря 2005 г.: одобрен Советом Федерации 27 декабря 2005 г. URL: <http://base.garant.ru/12144089/> (дата обращения: 09.08.2018).
2. О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности: Постановление Правительства РФ № 310 от 22.05.2007 г. (ред. от 23.02.2018). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/) (дата обращения: 09.08.2018).
3. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: федер. закон № 415-ФЗ от 23.12.2013 г.: принят Госдумой 20 декабря 2013 г.: одобрен Советом Федерации 25 декабря 2013 г. URL: <http://base.garant.ru/70552596/> (дата обращения: 09.08.2018).
4. Лесной кодекс Российской Федерации. № 200 от 4 декабря 2006 г.: принят Госдумой 8 ноября 2006 г.: одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г.: введ. Федер. законом Рос. Федерации от 03.08.2018 г. № 340-ФЗ.
5. Петров А.П., Прядилина Н.К. Лесное планирование: концептуальный подход к формированию лесного дохода на базе рыночных цен на древесину // Российский экономический журнал. 2018. № 3. С. 35–45.
6. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 26 сентября 2013 г. № 1724-р. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70361820/#review> (дата обращения: 09.08.2018).

УДК 338.2

**Н.К. Прядилина<sup>1</sup>, А.В. Швец<sup>2</sup>**  
(N.K. Pryadilina<sup>1</sup>, A.V. Shvec<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Минпромнауки Свердловской области, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: Lotos\_nk@inbox.ru, shvets\_a.v@mail.ru

### **БИЗНЕС-ПЛАНЫ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОВ КАК ОСНОВА РЕГИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

### **BUSINESS PLANS FOR FOREST DEVELOPMENT AS THE BASIS OF REGIONAL FORESTRY PLANNING**

*В статье рассматриваются действующие приоритетные инвестиционные проекты в области освоения лесов в Свердловской области. Десятилетний опыт*

применения механизма приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов выявил ряд недостатков при его реализации. Постановление Правительства от 23 февраля 2018 № 190 выдвигает новые требования к реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов, в целом при сохранении существующего подхода. Авторы, в свою очередь, полагают, что необходима организация стратегического планирования развития лесного сектора с использованием в качестве экономических ориентиров отраслевого и регионального приоритетов. Заменой региональных проектов освоения лесов в существующей практике арендных отношений должны стать бизнес-планы освоения лесов.

*The article considers current priority investment projects in the field of forest development in the Sverdlovsk region. Ten years of experience in applying the mechanism of priority investment projects in the area of forest development has revealed a number of shortcomings in its implementation. The new government decree on priority investment projects in the area of forest development imposes additional requirements for their implementation, building on the existing approach. Better strategic planning for the development of the forest sector is needed, using both sectoral and regional priorities as economic guidelines. Regional forest development projects based on the existing practice of leasing relations should be replaced by a business planning approach.*

Правовая основа лесного планирования определена Лесным кодексом РФ в статьях 85 и 86 [1]. Лесное планирование должно базироваться на стратегии развития лесопромышленного комплекса страны и региона и реализовываться посредством разработки лесных планов, лесохозяйственных регламентов, проектов освоения лесов.

С целью привлечения инвестиций в лесной сектор в 2007 году было принято постановление Правительства РФ от 30 июня 2007 года № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов» [2].

В перечень приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов Минпромторгом России включено более 100 инвестиционных проектов с общим объемом расчетной лесосеки более 55 млн куб. м., из них 26 проектов включены в 2017 году. Перечень и основные показатели действующих приоритетных инвестиционных проектов в лесном секторе Свердловской области представлен в таблице.

Основные показатели действующих приоритетных инвестиционных проектов  
в области освоения лесов на территории Свердловской области  
(по данным Минпромнауки на конец I квартала 2018 года)

Наименование организации инвестора, реализующей проект	Наименование проекта	Плано- вый объ- ем инве- стиций в проект, млн руб.	Факти- ческий объем ин- вестиций в проект, млн руб.	Социаль- ный эффект
ООО «Аргус СФК» (пос. Восточный, Сосьвинский ГО); срок реализации – 2005–2015 гг.	«Создание деревообрабатывающего предприятия в Серовском районе Свердловской области с собственным циклом лесозаготовки»	310,6	506,0	Создание 160 но- вых рабо- чих мест
ООО «Лестех» (п. Верхняя Синячи- ха, МО Алапаев- ское); срок реализа- ции – 2012–2024 гг.	Создание высокотехнологичного деревообрабатывающего производства с циклом заготовки древесины и дорожного строительства на территории Свердловской области	575,4	674,7	Создание 259 но- вых рабо- чих мест

Окончание табл.

Наименование организации инвестора, реализующей проект	Наименование проекта	Плано- вый объ- ем инве- стиций в проект, млн руб.	Факти- ческий объем ин- вестиций в проект, млн руб.	Социаль- ный эффект
ООО «Лесной Урал Лобва» (пос. Лобва, Новолялинский ГО); срок реализации – 2016–2027 гг.	Открытие нового лесоперерабатывающего производства в п. Лобва Новолялинского городского округа	456,4	255,0	Создание 163 новых рабочих мест
ООО «ТУРА ЛЕС» (г. Верхняя Тура, ГО Верхняя Тура); срок реализации – 2017–2026 гг.	Создание нового лесоперерабатывающего завода по производству шпона с собственным циклом лесозаготовки на территории Свердловской области	501,2	75,9	Создание 177 новых рабочих мест
ООО «Сибирь ЭкоСтрой» (г. Краснотурьинск, ГО Краснотурьинск); срок реализации – 2017–2026 гг.	Создание нового лесоперерабатывающего завода по глубокой переработке древесины и инновационным способам утилизации отходов на территории Свердловской области	502,9	56,0	Создание 175 новых рабочих мест
ООО «Уральская лесопромышленная компания» (г. Асбест, Асбестовский ГО); срок реализации – 2017–2021 гг.	Завод профильных деталей для строительства с циклом лесопиления и лесозаготовки на территории Свердловской области	505,0	6,4	Создание 178 новых рабочих мест
ООО «Синергия» (г. Верхняя Тура, ГО Верхняя Тура); срок реализации – 2018–2021 гг.	Создание высокотехнологичного деревообрабатывающего производства на территории Свердловской области»	1 503,4	10,8	Создание 135 новых рабочих мест
ООО «Сосьва-Лес», (г. Серов, Серовский ГО); срок реализации – 2018–2027 гг.	Модернизация лесоперерабатывающего завода по глубокой переработке древесины на территории Свердловской области	507,6	6,3	Создание 126 новых рабочих мест
Итого		4 862,5	1 591,1	Создание 1 373 новых рабочих мест

Перечислим основные недостатки, препятствующие успешной реализации приоритетных инвестиционных проектов.

Во-первых, отметим явные пробелы в регулировании отношений по лесной инфраструктуре, а именно, возникающих при строительстве и эксплуатации лесных дорог у субъектов данных отношений (арендаторы, лесохозяйственные службы, местные органы исполнительной власти и другие). Неопределенным остается порядок постановки лесных дорог на учет и вопросы допуска на них транспортных средств, не

занимающихся обслуживанием лесной инфраструктуры. Существенным препятствием создания развитой лесотранспортной инфраструктуры является отсутствие механизмов оформления лесных дорог, построенных на землях лесного фонда, в собственность и компенсации затрат инвестора.

Во-вторых, это устаревшее лесоустройство. Объективную и полную информацию о состоянии лесов, об изменениях, происходящих на землях лесного фонда, о нормах использования лесосырьевых ресурсов можно получить только при проведении лесоустройства.

Материалы инвентаризации лесного фонда стареют и не могут правильно характеризовать его состояние. Последний раз лесоустроительные работы в лесах Свердловской области проводились более 15–30 лет назад, а по некоторым лесным участкам не проводились вообще, что существенно искажает реальную картину состояния лесных земель. Устаревшие лесоустроительные документы не позволяют планировать лесохозяйственные и лесозаготовительные мероприятия на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях, привлекать в область инвесторов.

Кроме того, продолжает оставаться актуальным коррупционный риск, связанный с безаукционным доступом к использованию лесов. При реализации приоритетных инвестиционных проектов открытые аукционные процедуры отбора пользователей заменяются закрытыми без проведения конкурсов процедурами отбора инвестиционных проектов без гарантии их практической реализации в установленные сроки, учитывая внешние и внутренние факторы, влияющие на структуру и объем спроса на запланированную продукцию [3].

К числу очевидных издержек наряду со снижением арендной платы следует отнести уменьшение доходов бюджета при эксплуатации лесных участков арендаторами, по разным причинам откладывающими на будущее начало реализации инвестиционных проектов.

Негативным последствием передачи в аренду больших территорий земель лесного фонда при невыполнении арендаторами обязательств по привлечению инвестиций является отсутствие «свободных» ресурсов для развития малого и среднего предпринимательства в зоне транспортной доступности, что приводит к появлению в сфере использования лесов спекулятивных действий через предоставление в субаренду лесных участков, отведенных под реализацию инвестиционных проектов.

С 8 марта 2018 г. вступило в силу новое Постановление Правительства по приоритетным инвестиционным проектам в области освоения лесов от 23 февраля 2018 года № 190 [4, 5], которое установило принципиально новые требования к реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов.

Данное постановление утверждает новое Положение о подготовке и утверждении перечня приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов.

Также внесены изменения в постановление Правительства РФ от 22 мая 2007 года № 310 [3], касающиеся применения понижающего коэффициента к ставкам платы за использование лесов при реализации приоритетных инвестпроектов.

Если новое Положение в основном затронет новые приоритетные инвестпроекты, то изменение ставок платы отразится на всех проектах.

Новые изменения касаются порядка включения приоритетных инвестпроектов в соответствующий перечень, порядка их реализации и осуществления контроля за реализацией проектов. Объем инвестиций теперь должен составлять не менее 500 млн руб. на модернизацию лесоперерабатывающих предприятий и не менее 750 млн руб. на создание новых (ранее – 300 млн руб. в обоих случаях).

Решения Минпромторга России о включении проектов в перечень и сам перечень должны теперь размещаться на сайте министерства (ранее эти документы были закрытыми и не публиковались).

Инвестор должен документально подтвердить наличие у него собственных или заемных средств в объеме не менее чем 50 % от необходимых на весь проект или 25 % необходимых на первые 2 года, если срок реализации проекта превышает 3 года.

Информация о процессе рассмотрения заявки на включение проекта в перечень должна будет в течение определенного срока находиться в открытом доступе в сети Интернет.

Допускаться будут отныне только одно или два изменения в инвестпроект (в зависимости от объема инвестиций), а самые крупные, от 20 млрд руб., можно будет менять только по решению федерального правительства.

Понижающий коэффициент к ставкам теперь может применяться в течение только определенного срока, зависящего от объема инвестиций, и только «с момента введения лесоперерабатывающих мощностей в эксплуатацию, подтвержденных актом ввода». До этого момента и после истечения срока действия понижающего коэффициента арендная плата должна начисляться в полном объеме – «с применением сложившегося в субъекте Российской Федерации среднего коэффициента превышения размера арендной платы над минимальной ставкой платы» [4, 5].

К сожалению, новое постановление полностью ориентировано на интересы лесоперерабатывающих отраслей лесного сектора и совершенно не затрагивает вопросы лесного хозяйства.

Важной задачей перспективного планирования развития лесного сектора на федеральном уровне должно стать установление отраслевых и региональных приоритетов, что, в конечном счете, должно привести к созданию эффективных отраслевых и региональных структур, обеспечивающих высокодоходное использование лесов с проведением всего комплекса лесохозяйственных и природоохранных мероприятий.

Критерием для установления отраслевых приоритетов должен стать лесной доход, определяемый через рыночный механизм спроса и предложения на соответствующую продукцию на внутреннем и экспортном рынках.

Разработка отраслевых приоритетов в качестве долгосрочных ориентиров развития лесного сектора крайне необходима, чтобы в условиях дефицита финансовых средств направлять инвестиции в те отрасли, где имеются возможности для их инновационного развития.

Отраслевой приоритет определяется в комплексе факторов, формирующих как предложение лесных ресурсов, так и спрос на них при производстве продукции для конечного потребления.

Распределение лесных ресурсов на огромной территории страны требует наряду с оценкой отраслевых приоритетов обоснования условий эффективного размещения отраслей по экономическим районам и субъектам РФ (региональный приоритет развития лесного сектора). Эти условия будут различны как с позиций потребления ресурсов (много- и малолесные районы), так и с позиций потребления лесной продукции на внутреннем рынке и возможности ее поставки на экспорт [6].

Возможность привлечения частного и государственного лесного бизнеса к региональному лесному планированию создается при замене аукционного доступа к использованию лесов конкурсным. Доступ к использованию лесов через конкурсные процедуры потребует другой (в отличие от аукционов) институциональной организации управления лесами, приведенной на рисунке, из которого видно, что инструментом отбора эффективных лесопользователей должен стать бизнес-план освоения лесов, который не

только по форме, но и по сути будет заменять проект освоения лесов в существующей практике арендных отношений (см. рисунок).



Институциональная организация доступа к использованию лесов  
на базе лесных конкурсов

Бизнес-план освоения лесов должен содержать планируемые показатели деятельности арендатора на лесном участке, включая объемы заготовки древесины и проводимых лесохозяйственных мероприятий на весь период действия договора. Центральное место в нем должны занять критерии эффективности планируемых мероприятий, основанные на показателях потенциального лесного дохода.

Отбор приоритетных инвестиционных проектов также необходимо осуществлять на основании регионального отраслевого фильтра, учитывающего в том числе схему пространственного размещения производств в их связи с наличием лесных ресурсов, потребностями внутреннего и внешнего рынков. Таким фильтром может стать Концепция промышленного и инновационного развития Свердловской области на период до 2035 года.

Если все долгосрочные обязательства хозяйствующих субъектов по договорам аренды или договорам бессрочного использования лесов государственными организациями будут установлены в бизнес-планах освоения лесов, то последние должны стать основой регионального лесного планирования, при котором лесные планы субъектов РФ в статусе лесоустроительных проектов заменяются территориальными программами развития лесного сектора.

## Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. № 200 от 4 декабря 2006 г.: принят Госдумой 8 ноября 2006 г.: одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г.: введ. Федер. законом Рос. Федерации от 03.08.2018 г. № 340-ФЗ.

2. О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов: Постановление Правительства РФ от 30 июня 2007 года № 419. URL: <http://base.garant.ru/12154618/> (дата обращения: 09.08.2018).

3. Петров А.П. Экономические отношения в лесном хозяйстве: из прошлого в будущее. Пушкино: ФАУ ДПО ВИПКЛХ, 2016. 98 с.

4. О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов и об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 23.02.2018 г. № 190. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_291691/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291691/) (дата обращения: 09.08.2018).

5. Положением о подготовке и утверждении перечня приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов: Постановление Правительства РФ от 23.02.2018 г. № 190. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_291691/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291691/) (дата обращения: 09.08.2018).

6. Петров А.П., Прядилина Н.К. Экономические основы стратегического лесного планирования // Инновации и инвестиции. № 3. 2018. С. 159–165.

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЗАГОТОВКЕ, ПЕРЕРАБОТКЕ И ОТДЕЛКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

## **NEW TECHNOLOGICAL DECISIONS IN PREPARATION, PROCESSING AND FINISHING OF WOOD**

**УДК 674.055:621**

**Ю.И. Ветошкин, М.В. Газеев, О.Н. Чернышев, Д.О. Чернышев**  
(Y.I. Vetoshkin, M.V. Gazeev, O.N. Chernyshev, D.O. Chernyshev)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

## **АБРАЗИВНЫЕ КРУГИ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА**

## **ABRASIVE CIRCLES ON THE BASIS OF FOAMED POLYURETHANE**

*В статье рассматриваются конструкция и технология шлифования древесины шлифовальными кругами на основе пенополиуретана (ППУ). В шлифовальных кругах представлено распределение абразивных зерен и их влияние на процесс шлифования: скорости подачи заготовки, удельного давления, толщины снимаемого слоя. Представлена конструкция и техническая характеристика шлифовального станка, режимы шлифования кругами на основе ППУ.*

*The paper deals with the construction and technology of grinding wood with grinding wheels based on polyurethane foams. In grinding circles, the distribution of abrasive grains and their effect on the grinding process are presented: the feed rate of the workpiece, the specific pressure, and the thickness of the layer to be removed. The design and technical characteristics of the grinding machine, grinding modes on the basis of polyurethane foams are presented.*

Наиболее прогрессивными инструментами для шлифования профильных и погонажных изделий являются абразивные шлифовальные круги. В первую очередь необходимо отметить их самозатачивание, постоянное обновление режущей поверхности за счет отламывания кусков зерен и их полного выкрашивания из связующего – это позволяет сохранять постоянные режущие свойства инструмента.

Во-вторых, обработанная поверхность имеет меньшую шероховатость при обработке инструментом с одинаковой зернистостью чем у шлифовальных шкур. Данные круги легко профилируются и сохраняют заданный профиль до полного износа. Относительно новыми являются абразивные шлифовальные круги на основе жесткого пенополиуретана. Данные материалы выпускаются несколькими фирмами; это ESSEGI

(Италия) и Fishler (Австрия). На кафедре МОД и ПБ УГЛТУ ведутся разработки аналогов данных кругов.

Абразивные шлифовальные круги представляют собой распределенные абразивные зерна в ППУ [1]. Распределение абразивных зерен, в целом, хаотическое. Из-за трудно контролируемого процесса вспенивания, распределение зерен может носить как разрозненный, так и групповой характер. На рисунке 1 представлено фото поверхности шлифовального круга ESSEGI с увеличением 64X.

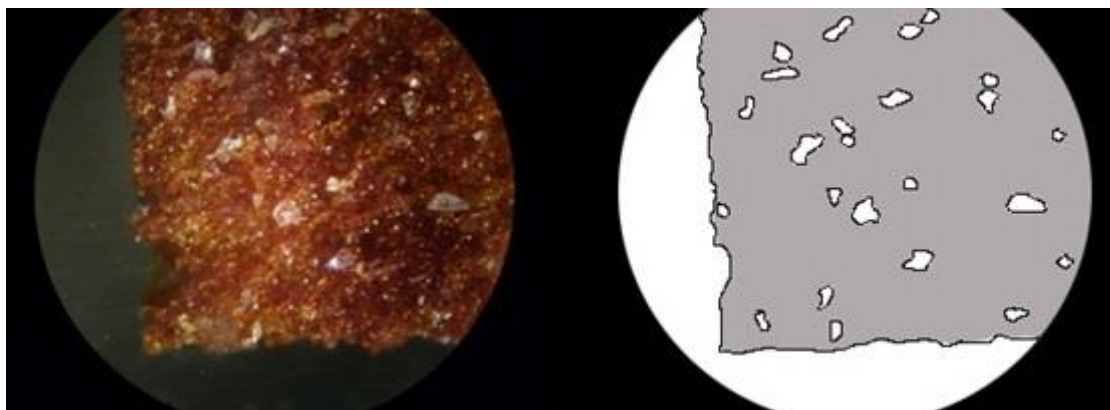


Рис. 1. Схема распределения зерен на поверхности шлифовального круга ESSEGI с увеличением 64X

Как видно на фото, форма и ориентация зерен сильно различаются. Зерна имеют размер меньше 10 мкм и большое количество острых граней. Плотность насыпки зерен составляет до 18 шт на квадрате со стороной 1 мм. Поры в шлифовальном круге создают вентиляционный эффект, что способствует удалению отходов шлифования из зоны резания. ППУ данного круга имеет высокую плотность и мелкопористую структуру, что позволяет хорошо удерживать мелкие зерна на поверхности.

На рисунке 2 представлена окрашенная кромка экспериментального абразивного шлифовального круга, разработанного на кафедре МОД и ПБ УГЛТУ. Плотность данного образца выше предыдущего за счет высокого содержания абразивных зерен. Большой размер зерен (достигает 25 мкм) по сравнению с вышеописанным кругом и более плотная насыпка привели к резкому падению величины используемого ППУ, выступающего в роли связующего.

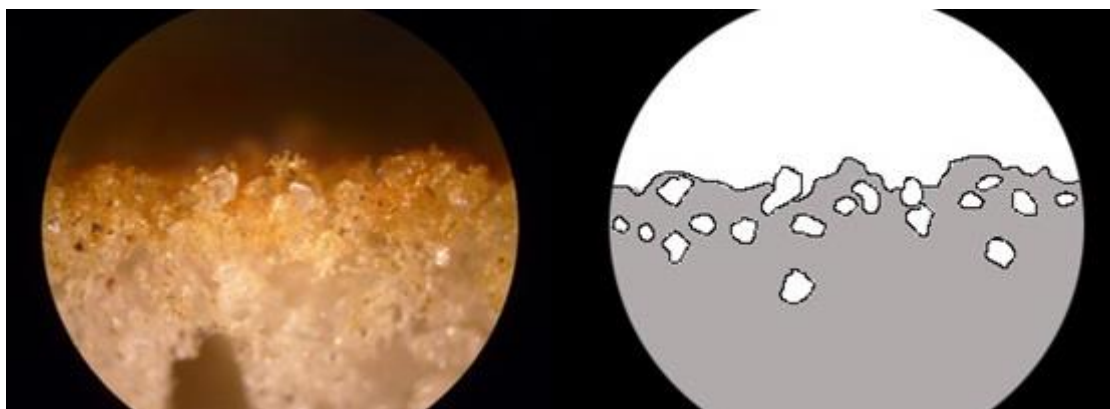


Рис. 2. Схема расположения абразивных зерен в опытном образце шлифовального круга, разработанного кафедрой МОД и ПБ УГЛТУ, с увеличением 64X



Уменьшение количества ППУ и повышение размера пор привело к незначительному увеличению хрупкости абразивного шлифовального круга. Правда природа применяемых компонентов ППУ, обладающих большей адгезией к абразивным зернам, позволяет удерживать зерна в круге менее чем за половину поверхности зерна. Процесс шлифования такими кругами сводится к срезанию каждым абразивным зерном (резцом) с поверхности древесины микростружки, их количество и размер непосредственно влияют на качество шлифуемой поверхности. В результате резания кромки зерен скругляются, вызывая затупления, в случае если зерно удерживается в ППУ; в противном случае оно полностью выкрашивается. Затупление кромки приводит к увеличению угла резания, и, соответственно, срезание стружки становится невозможным. Увеличение угла также приводит к резкому повышению сил, действующих на зерно, и, соответственно, к его вырыву.

Применение более мелкого зерна приводит к получению мелких неровностей (рис. 3), а увеличение количества зерен ведет к получению более ровной поверхности.

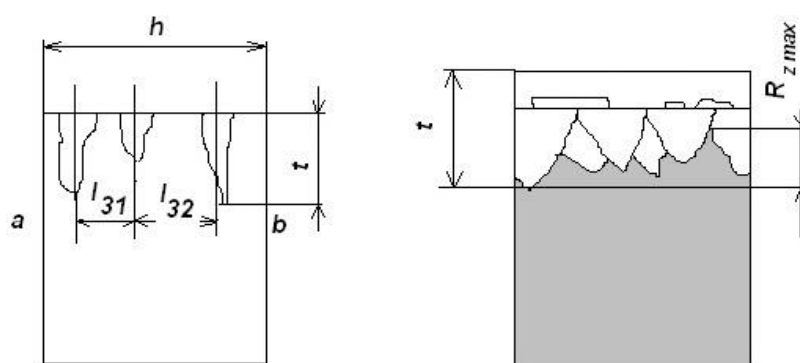


Рис. 3. Схемы образования шлифованной поверхности

Необходимое соотношение величины абразивных зерен и его распределения в круге, плотность ППУ и его способность удерживать в себе абразивные зерна – вот наиболее важные задачи, которые необходимо решать. Применяемые в настоящее время технологии для шлифования профильных погонажных деталей из древесины не отвечают требованиям, необходимым для их последующей отделки лакокрасочными материалами или имеют низкую производительность вследствие отсутствия механизации труда. Одним из направлений механизации процесса шлифования профильных поверхностей является применение абразивных самозатачивающихся в процессе работы кругов на основе пенополиуретана [2]. Особенностью этих абразивных кругов является постоянное обновление режущей кромки, в результате чего нет засаливания рабочей поверхности круга, и не требуется его периодическая правка.

Проведенные исследования в лаборатории УГЛТУ позволили установить зависимость шероховатости шлифованной поверхности и износа абразивного круга от скорости подачи заготовки и удельного давления. Определена стойкость круга и силы резания. Зависимость шероховатости поверхности от скорости подачи заготовки представлена на рисунке 4.

Зависимость шероховатости шлифованной поверхности от величины удельного давления абразивного круга на обрабатываемую заготовку приведена на рисунке 5. Увеличение толщины снимаемого слоя происходит при увеличении удельного давления инструмента на заготовку и уменьшении скорости подачи (рис. 6). С увеличением величины удельного давления и скорости подачи заготовки удельная производительность шлифования увеличивается за счет увеличения объема снимаемого материала в единицу времени (рис. 7).

В результате проведенной работы были выявлены оптимальные режимы шлифования древесины сосны. Минимальная шероховатость обработанной поверхности  $R_{m \max} = 16,7$  мкм при минимальном износе круга 0,01 мм/м и максимально возможной длине обработки 10 км получается при следующих параметрах режима шлифования:

- скорость резания (м/с) = 12;
- скорость подачи заготовки (м/мин) = 12;
- удельное давление (МПа) = 0,125.

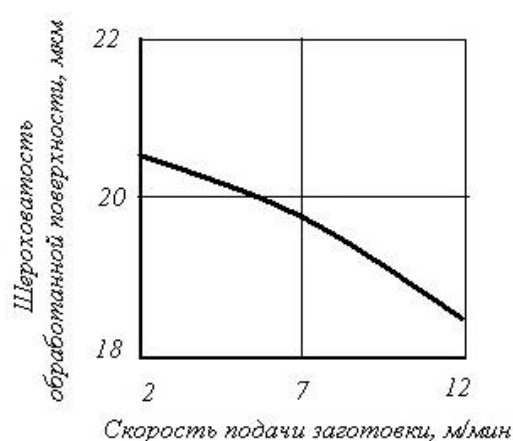


Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности от скорости подачи заготовки

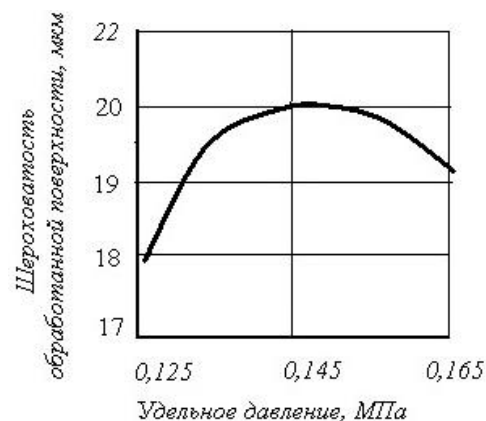


Рис. 5. Зависимость шероховатости поверхности от удельного давления

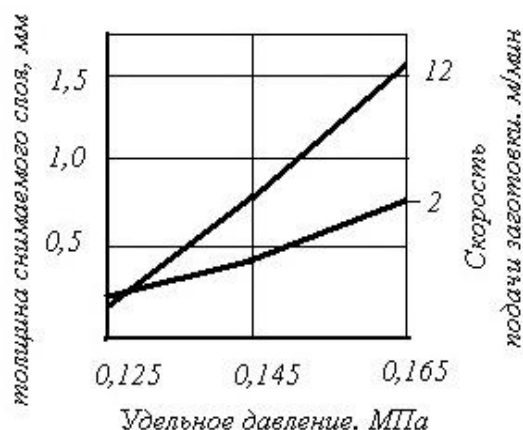


Рис. 6. Зависимость толщины снимаемого слоя от скорости подачи заготовки и удельного давления

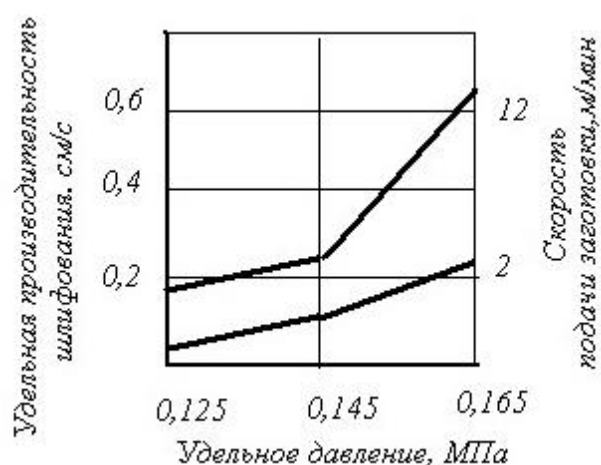


Рис. 7. Зависимость удельной производительности шлифования от удельного давления и скорости подачи заготовки

Шлифование профильных погонажных деталей абразивными кругами на основе пенополиуретана (рис. 8) производилось на станке модели ШЛПР (рис. 9) [3].

Частота вращения шлифовальной головки станка составляет не более 1 000 мин<sup>-1</sup>. Мощность привода – 0,55 кВт. Скорость подачи – 2 м/мин. Масса – 60 кг; габариты: 860×450×940 мм. Техническая характеристика кругов: наружный диаметр – от 150 до 300 мм; посадочное отверстие диаметром 32 мм. Рабочая скорость – 12 м/с. Ресурс круга диаметром 150 мм составляет 8–10 км погонаж, при этом круг сохраняет заданный профиль до полного износа. Качество обработки поверхности ≤ 16 мкм.

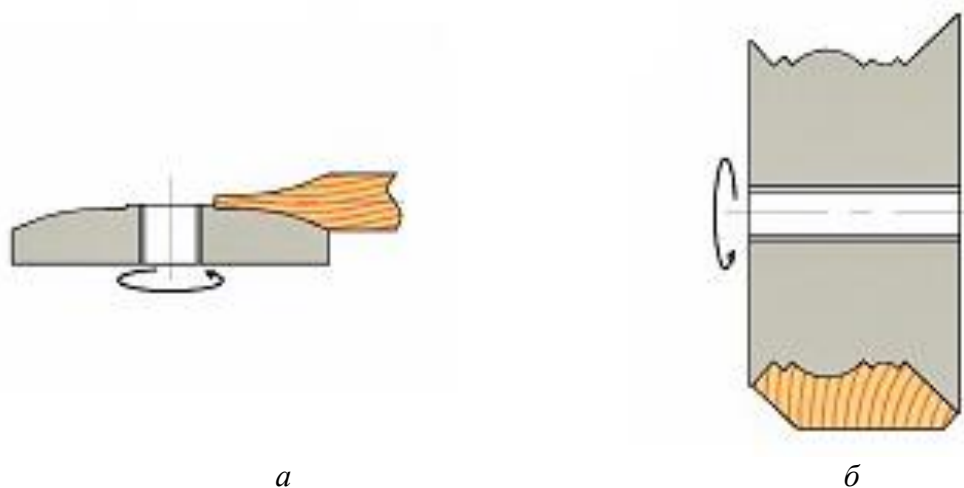
Основные схемы шлифования сборочных единиц и деталей из древесины представлены на рисунке 10.



Рис. 8. Шлифовальные круги на основе пенополиуретана



Рис. 9. Шлифовальный станок ШЛПР и его технические характеристики



*а*

*б*

Рис. 10. Схемы шлифования:

*а* – схема шлифования фигурей филенки; *б* – схема шлифования плитуса

Для испытания использовались шлифовальные круги на основе пенополиуретана (табл. 1). Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика шлифовального круга  
на основе пенополиуретана и режим обработки

Характеристика круга	Режим обработки
Плотность $\rho = 0,4-0,44 \text{ г/см}^3$ . Зернистость № 6. Материал – карбид кремния	Скорость подачи = 14 м/мин. Частота вращения = $942,5 \text{ мин}^{-1}$ . Скорость резания = 10 м/с. Удельное давление = $0,1-0,15 \text{ МПа}$

Таблица 2

Результаты испытаний шлифовального круга на основе пенополиуретана

Параметры	Порода древесины			
	Сосна	Береза	Бук	Дуб
Шероховатость обработанной поверхности, $R_{m \text{ max}}$ , мкм	14–17	13–16	12–16	7
Толщина снимаемого слоя, мм	0,2	0,16	0,13	0,11
Износ круга по диаметру на 10 метров, мм	2	2,5	4,5	5
Длина обработки поверхности при диаметре круга 230 мм, м	90–100	70	40	36

Внедрение в производство новой технологии позволит исключить использование ручного труда и снизить себестоимость изделий при подготовке под отделку профильных деталей из древесины.

**Библиографический список**

1. Корелин Д.В., Ветошкин Ю.И. Абразивные шлифовальные круги на основе ППУ // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы VII Всероссийск. научн.-технич. конф. Ч. 2. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2011. С. 212–216.
2. Шлифование древесины и древесных материалов: учеб. пособие / Ю.И. Ветошкин, В.И. Сулинов, Л.Д. Кузнецов, А.К. Гороховский. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. 148 с.
3. А.с. 10133. Российская Федерация. МПК<sup>6</sup> B24B27/04 (1995.01). Станок для шлифования профильных погонажных изделий / В.И. Сулинов, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, Д.А. Табуркин. Заявитель: Уральская государственная лесотехническая академия; патентообладатель Олег Николаевич Чернышев. № 98116575/20. Заявл. 31.08.1998, опубл. 16.06.1999. 4 с.

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Vikharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ И ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **RESEARCH OF TIME OF THE RELAXATION OF WOOD AND FIBROUS MATERIALS**

*Статья посвящена исследованию времени релаксации древесины и волокнистых полуфабрикатов. Для изучения этой характеристики использован аналитический подход. Использована модель стандартного вязкоупругого тела Максвелла–Томсона. Время релаксации древесных волокнистых материалов составляет от  $2,8 \cdot 10^{-4}$  секунд у целлюлозы низкой концентрации до десятков секунд у древесины. При исследовании процесса размола и разработке конструкций гарнитуры это необходимо учитывать.*

*Article is devoted to a research of time of relaxation of wood and fibrous semi-finished products. For studying of this characteristic analytical approach is used. The model of a standard viscoelastic body of Maxwell–Thomson is used. Time of a relaxation of wood fibrous materials makes of  $2,8 \cdot 10^{-4}$  seconds at cellulose of low concentration up to tens of seconds at wood. At a research of process of grind and development of designs of a font it needs to be considered.*

Древесина и волокнистые полуфабрикаты (в том числе и бумага) представляют собой вязкоупругий материал. Для изучения характеристик этого материала, как правило, используют феноменологический подход [1]. Существует два метода обработки феноменологических данных: интегральный и аналитический.

Интегральный метод основан на экспериментальных данных: получают зависимость, которая отражает поведение материала под действием переменных факторов. Примером интегрального приближения является уравнение Нуттинга [1]:

$$\varepsilon = a_n^{-1} \tau^\beta \sigma^M,$$

где  $\varepsilon$  – относительная деформация;

$a_n, \beta, M$  – постоянные коэффициенты;

$\tau$  – время;

$\sigma$  – напряжение.

При  $\beta = 0$  и  $M = 1$  уравнение Нуттинга упрощается до закона Гука, а при  $\beta = 1$  и  $M = 1$  превращается в закон Ньютона. Это уравнение успешно применяется для описания поведения многих материалов [1].

Аналитический метод позволяет найти поведение волокнистого материала при различных условиях. При этом делаются допущения, что материал структурно близок к идеальным элементам, которые называют реологическими моделями.

Наиболее широко для описания свойств волокнистых вязкоупругих полуфабрикатов используют модель стандартного тела Максвелла–Томсона [1] (рис. 1). Механическое поведение этой модели описывается уравнением:

$$\frac{bE_1}{E_1 + E_2} \dot{\varepsilon} + \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon = \sigma + \frac{b}{E_1 + E_2} \dot{\sigma}, \quad (1)$$

где  $b$  – вязкость материала;

$E_1$  – мгновенный модуль упругости,  $E_1 = H$ ;

$E_2$  – модуль упругости в зоне предразрушения образца;

$\varepsilon$  – деформация;

$\sigma$  – напряжение.

$$\tau = \frac{b}{E_1 + E_2},$$

где  $\tau$  – продолжительность релаксации.

Длительный модуль упругости  $E$  (рис. 1):

$$E = \frac{E_1 E_2}{(E_1 + E_2)}.$$

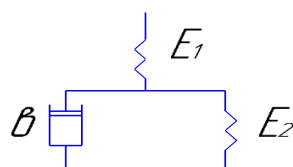


Рис. 1. Модель стандартного вязкоупругого тела Максвелла–Томсона

Уравнение (1) можно записать в виде:

$$\sigma + \tau \dot{\sigma} = E \varepsilon + \tau H \dot{\varepsilon}. \quad (2)$$

Параметры (реологические постоянные) модели Максвелла–Томсона можно получить путем изучения диаграмм зависимости между напряжением и деформацией при постоянной скорости деформирования.

Авторы многих использований стремятся перейти к более сложным законам деформирования, увеличивая число элементов в механических моделях [2, 3]. Следует отметить, что такой подход позволяет перейти к сложным законам деформирования, однако это не всегда приводит к качественным измерениям характера деформирования. Для практических целей достаточно использовать изучение стандартной модели вязкоупругого тела [4].

Релаксационные процессы имеют большое значение, так как при размоле волокнистый материал подвергается большим частотам воздействия, которые могут достигать 30 кГц [5]. Эти процессы обуславливают гистерезисные явления. Наличие гистерезисной петли часто связывают с процессом пластической деформации [6, 7], однако это может быть и следствием релаксационного характера размалывающей деформации. В связи с этой важнейшей характеристикой служит время релаксации напряжений, величина которого обусловлена перегруппированием элементов структуры волокнистого материала и кинетикой деформации.

Сравнение релаксации напряжений для воздушно-сухой сульфатной небеленой целлюлозы со степенью помола 30°ШР при скорости приложения нагрузки 50 мм/мин представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение времени релаксации напряжений воздушно-сухой целлюлозы, полученное различными методами

№ п/п	Число Каппа	Теория				Эксперимент [8]	
		Обработка кривой « $\sigma$ – $\epsilon$ »				Испытание на релаксметре напряжений	
		$E_1$ , МПа	$E_2$ , МПа	$\sigma$ , МПа	$T_p$ , с	$\sigma$ , МПа	$T_p$ , с
1	20	9 080	1 340	53,3	5,2	51,3	11,7
2	30	9 880	1 260	58,2	5,9	53,9	10,2
3	40	7 780	1 330	51,2	5,9	49,2	11,2
4	50	8 560	1 130	57	6,8	56,7	9,4

Физический смысл проекта релаксации состоит в уточнении статического равновесия в системе. Скорость ее уточнения проходит с кратностью перехода системы из одного состояния в другое. Время релаксации зависит от температуры и механического напряжения [2].

Многие авторы отмечают зависимость времени релаксации древесины от её породы, влажности и скорости деформирования. Время релаксации древесины составляет десятки минут [4, 8]. Характеристики времени релаксации для волокнистых материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Время релаксации волокнистых материалов

Волокнистый материал и его характеристики	Время релаксации, с	Авторы исследований
Древесина (при прессовании, деформация сдвига)	37,5–41,9	О.Р. Дворняк [9]
Целлюлоза березовая сульфитная: концентрация 1 % концентрация 3 % концентрация 6 %	(2,8–3,9) $10^{-4}$ (4,2–4,4) $10^{-4}$ (2,9–5,6) $10^{-4}$	О.А. Терентьев [10]
Целлюлоза сосновая сульфитная: концентрация 3 % концентрация 6 %	(2,8–4,2) $10^{-4}$ (3,6–4) $10^{-4}$	О.А. Терентьев [10]
Целлюлоза небеленая сульфатная, концентрация 8–37 %: скорость сжатия 1,65, м/с скорость сжатия 2,30, м/с скорость сжатия 3,35, м/с	(2,7–4,2) $10^{-3}$ (1,8–2,3) $10^{-3}$ (1,5–2) $10^{-3}$	В.Н. Гончаров [11]
Целлюлоза воздушно-сухая сульфатная небеленая	9,4–11,7	В.И. Комаров, В.А. Романов [8]

Время релаксации древесных волокнистых материалов составляет у целлюлозы низкой концентрации от  $2,8 \cdot 10^{-4}$  с, а у древесины – до десятков секунд. При размоле в ножевых размалывающих машинах время воздействия ножей сопоставимо со временем релаксации волокнистых полуфабрикатов. Поэтому при исследовании процесса размола и разработке конструкций гарнитуры его необходимо учитывать.

### Библиографический список

1. Комаров В.И. Деформация и разрушение целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск: изд-во Архангельского госуд. технолог. ун-та, 2002. 440 с.
2. Бабурин С.В., Киприанов А.И. Реологические основы процессов целлюлозно-бумажного производства. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 224 с.
3. Кленкова Н.И. Структура и релаксационная способность целлюлозы. Л.: Наука, 1976. 367 с.
4. Комаров В.И., Казаков Я.В. Определение времени релаксации напряжения в целлюлозно-бумажных материалах из статических кривых « $\sigma$ - $\epsilon$ » при деформировании и нагружении с постоянной скоростью // Лесной журнал. 1993. № 5–6. С. 130–133.
5. Вихарев С.Н. Экспериментальные исследования процессов размола при помощи вибрации на гарнитуре статора // Машины и аппарата ЦБП. 1990. С. 29–33.
6. Гермелис А.А., Латышенко В.А. Определение реологических характеристик из статических кривых « $\sigma$ - $\epsilon$ », кривых ползучести и релаксации // Механика полимеров. 1967. № 6. С. 977–988.
7. Латышенко В.А. Диагностика жесткости и прочности материалов. Рига, знание, 1968. 320 с.
8. Дворняк О.Р. Моделирование реологического поведения древесины в процессах прессования // Инженерно-физический журнал. 2003. № 3. Т. 76. С. 150–155.
9. Романов В.А. Методика оценки упругорелаксационных и деформационных свойств бумаги. Л.: ЛТИ ЦБП, 1988. 70 с.
10. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесная промышленность, 1980. 248 с.
11. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых машинах: дисс. на соиск. уч. степ. док. техн. наук. Л., 1990. 451 с.

УДК 674.07

**М.В. Газеев, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, С.В. Совина**

(M.V. Gazeev, Y.I. Vetoshkin, O.N. Chernyshev, S.V. Sovina)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

### **ФОРМИРОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

### **THE LACQUER COATINGS OF FORMATION BY PNEUMATIC SPRAY METHOD**

*В статье рассматривается метод пневматического распыления как одного из наиболее распространенного способа формирования лакокрасочного покрытия на деталях и сборочных единицах изделий из древесины. Дан анализ сущности такого метода: особенности распыления лакокрасочного материала (ЛКМ) форсунками; потери*



*ЛКМ при распылении; скорость воздушного потока и давления; приемы применения краскораспылителя.*

*The paper considers the method of pneumatic spraying as one of the most common method of forming a lacquer coating on parts and assembly units of wood products. An analysis of the essence of this method is given: the features of spraying paintwork materials with injectors; losses of paintwork materials during spraying; air flow and pressure; methods of using a paint sprayer.*

Из всех существующих способов формирования лакокрасочного покрытия (окутанием, обливом (наливом), окраской вальцами, в барабанах, протягиванием, прессованием, накатом и др.) метод пневматического распыления – один из наиболее распространенных способов отделки [1].

Способом пневматического распыления можно наносить практически любые жидкие лаки и краски и окрашивать изделия разных размеров и групп сложности, изготовленные из различных материалов [2]. Сущность способа пневматического распыления заключается в образовании аэрозоля дроблением жидкого лакокрасочного материала струей сжатого воздуха. Образующийся аэрозоль движется в направлении газовой струи и при ударе о поверхность изделия коагулирует, капли сливаются, образуя на поверхности слой жидкого лакокрасочного материала (рис. 1).

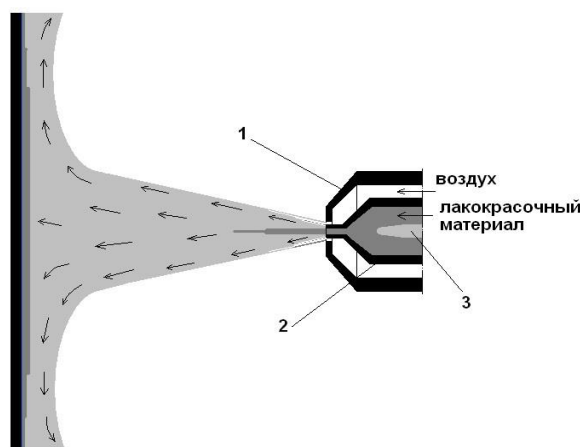


Рис. 1. Схема дробления лакокрасочного материала методом пневматического распыления:  
1 – воздушная головка; 2 – материальное сопло; 3 – запорная игла

Распыление лакокрасочного материала сжатым воздухом достигается за счет кинетической энергии струи сжатого воздуха, вытекающего с большой скоростью через узкое отверстие (сопло) в атмосферу. Основная часть пистолета-распылителя – форсунка с двумя соплами (материальным, из которого вытекает лакокрасочный материал, и воздушным, из которого вытекает сжатый воздух).

Принцип работы такой форсунки показан на рисунке 2. Вытекающий с большой скоростью из сопла форсунки 1 воздух создает перед материальным соплом зону разрежения 2, способствующую засасыванию жидкости из материального сопла. В зоне избыточного давления 3 движущийся с большой скоростью воздух дробит жидкость на мельчайшие капельки и уносит их с собой вперед в сторону изделия (зона 4). Попадая на его поверхность частицы жидкости (лака или краски) сливаются и образуют сплошное покрытие. За зоной распыления 4 находится зона образования тумана 5.

В зависимости от места, где лакокрасочный материал смешивается с воздухом, различают пневматические распылители внутреннего и внешнего смешения (рис. 3).

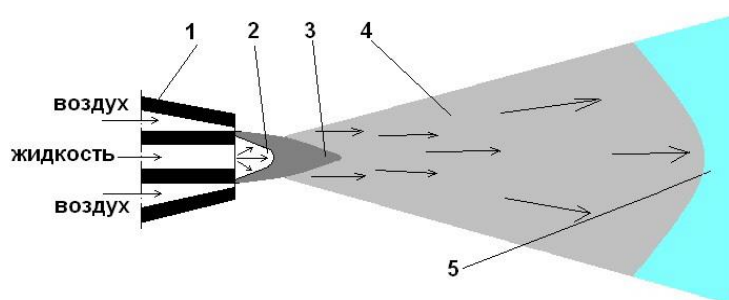


Рис. 2. Схема пневматического распыления жидкости форсункой с кольцевым каналом для воздуха: 1 – форсунка; 2 – зона разряжения; 3 – зона избыточного давления; 4 – зона распыления; 5 – зона образования тумана

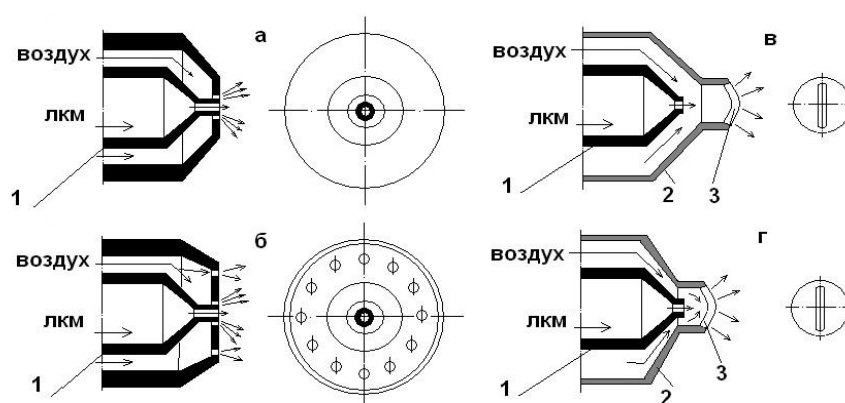


Рис. 3. Схемы форсунок распылителей внешнего и внутреннего смешения: а – форсунка внешнего смешения; б – то же, с дополнительными отверстиями для воздушной завесы вокруг распыленной струи; в, г – форсунки внутреннего смешения; 1 – сопло для лака (краски); 2 – камера; 3 – щелевое отверстие

В распылителях внутреннего смешения материал смешивается с воздухом в камере перед распыляющим соплом, куда под давлением поступают лак (краска) и воздух. Смесь выходит из сопла, дробится и наносится на изделие.

Существует предельная критическая скорость истечения воздуха  $W_{кр}$ , при которой происходит распыление. Она является функцией давления воздуха  $P$  и его удельного объема  $V$  при температуре распыления  $T$ :

$$W_{кр} = \sqrt{KgPV} = \sqrt{KgRT} = 3,38\sqrt{RT}, \quad (1)$$

где  $K$  – постоянная, равная 1,4;  
 $g$  – ускорение силы тяжести;  
 $R$  – газовая постоянная.

Экспериментально установлено, что потери на туманообразование зависят от конструкции распылительной головки, от выбранного режима распыления и физико-химических свойств лакокрасочного материала, а также от давления сжатого воздуха, подаваемого на распыление, производительности, формы факела.

Потери лакокрасочного материала на туманообразование – это та часть лакокрасочного материала, которая не долетает до поверхности, а также уносится с воздухом. При распылении материала на плоскую поверхность потери (в %) определяют по формуле:

$$q = (M - M_1)100 / M , \quad (2)$$

где  $M$  – масса распыляемого материала;

$M_1$  – масса материала, осевшего на поверхность.

Зависимость потерь распыляемого материала на туманообразование от производительности краскораспылителя представлена на рисунке 4 [3].

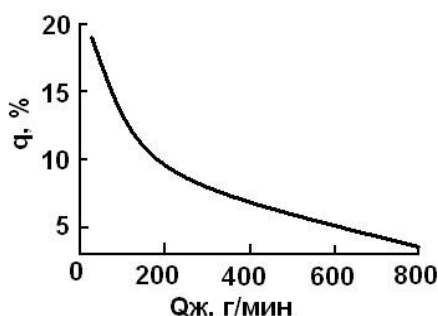


Рис. 4. Зависимость потерь распыляемого материала на туманообразование от производительности краскораспылителя

Зависимость осевой скорости воздушного потока  $w$  (м/с) при различном давлении газа и потерь лакокрасочного материала  $\Pi$  (%) при  $w = 2,5$  м/с от расстояния  $l$  форсунки до окрашиваемой поверхности представлена на рисунке 5.

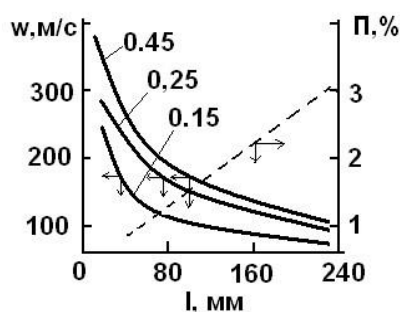


Рис. 5. Зависимость осевой скорости воздушного потока  $w$  (м/с) от различного давления газа и потерь лакокрасочного материала  $\Pi$  (%) при расстоянии  $l$  от форсунки до окрашиваемой поверхности

Потери отразившихся частиц лака зависят не только от давления воздуха, но и от угла, под которым струя попадает на поверхность. Отсюда возникает неизбежный вопрос, в каком положении нужно держать пистолет-распылитель, чтобы сэкономить время и материал.

Расстояние от пистолета-распылителя до отделываемой поверхности должно быть примерно в 250–300 мм (если распыляют не специальные материалы). Распылитель необходимо держать перпендикулярно поверхности, чтобы отразившихся от поверхно-

сти каплеь краски (или лака) было как можно меньше (это зависит от вязкости лака, диаметра сопла, давления воздуха и т. д.).

Теоретически правильно было бы распылять перпендикулярно поверхности так, чтобы середина лаковой струи составляла с поверхностью прямой угол. Но на практике не каждым типом пистолета-распылителя можно распылять таким способом.

Из рисунка 6 видно, почему распыление перпендикулярно поверхности является правильным. При наклонном положении под пистолетом-распылителем образуется более толстый слой чем на противоположном конце струи. В результате этого получается неравномерное покрытие. При перпендикулярном распылении гарантируется равномерность толщины покрытия по всей поверхности.

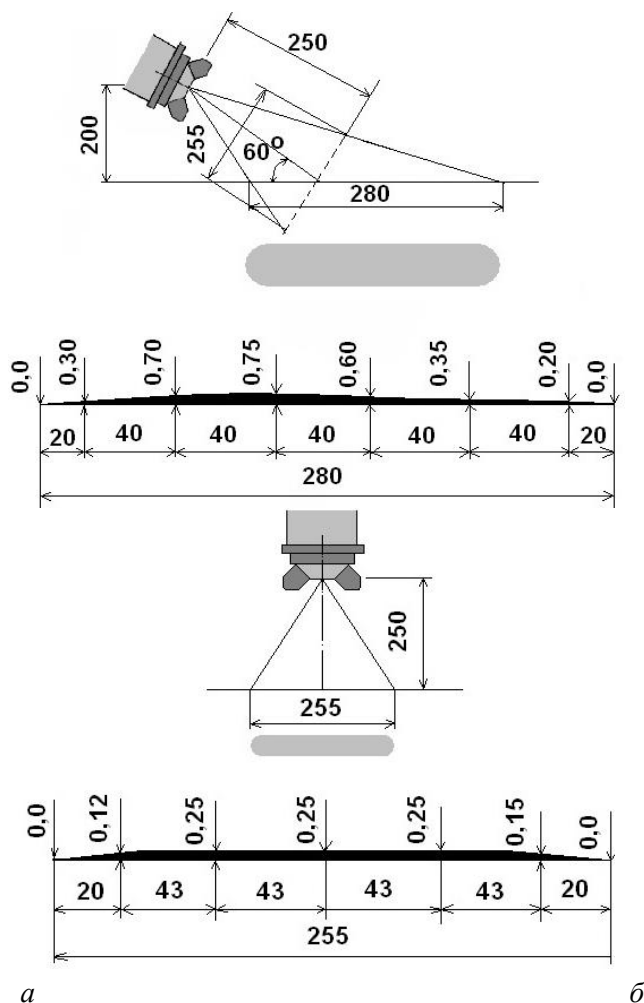


Рис. 6. Толщина лаковой пленки (сухой):  
 а – при наклонном распылении; б – при перпендикулярном распылении  
 (в обоих случаях применен один и тот же пистолет)

Самый надежный тип пистолета-распылителя – это пистолет-распылитель с подачей лака под давлением. Практически распылитель с нижним баллоном и распылитель с подачей лака под давлением представляют собой один и тот же тип. Вместо нижнего баллона к распылителю второго типа подключают шланг для подачи лака.

При помощи пистолета-распылителя, питаемого лаком под давлением, лак можно наносить перпендикулярно к поверхности, расположенным как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. На вертикальные поверхности наносить лак перпендикулярно к ним можно любым пистолетом.

Распыление перпендикулярно к горизонтальной поверхности пистолетом с подачей жидкости самотеком вообще невозможно (лак может вылиться из баллона), а распылять пистолетом с нижним баллоном очень трудно (тяжесть нижнего баллона оттягивает пистолет вниз) – рабочий должен держать пистолет перпендикулярно к поверхности, и рука его быстро устает [4].

В зависимости от формы и размеров окрашиваемой поверхности необходимо использовать краскораспылители с определенной формой и размерами факела. Плоский факел обычно применяют при окрашивании больших сплошных поверхностей, так как он оставляет более широкую полосу и позволяет работать более производительнее.

Изделия небольших размеров и сложной формы следует окрашивать краскораспылителями с круглым факелом. Окраска углов при правильном (а) и неправильном (б) положении краскораспылителя показана на рисунке 7.

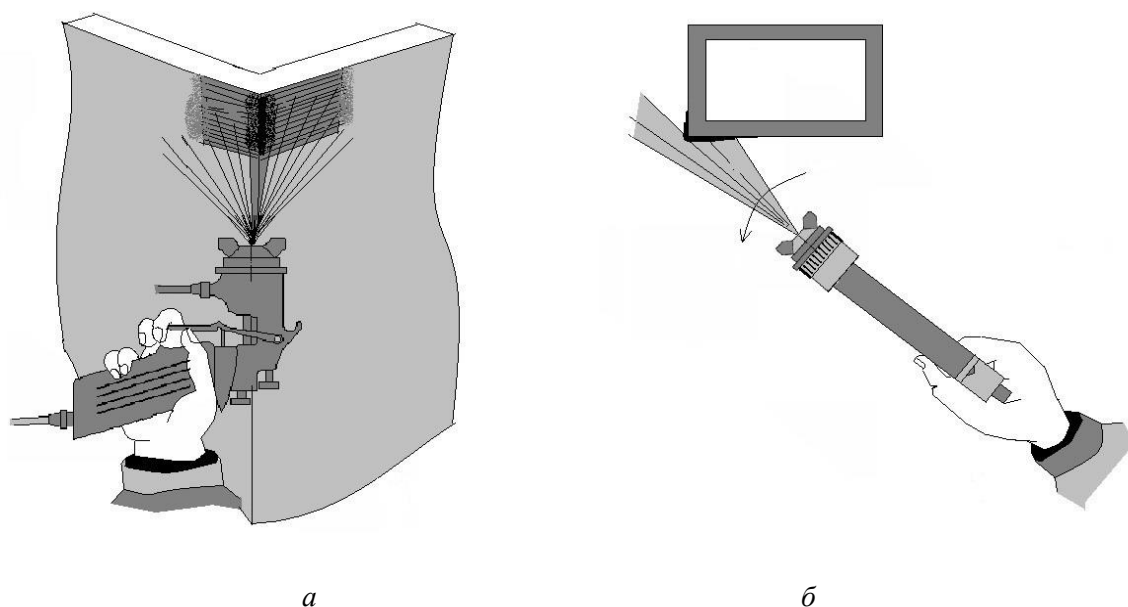


Рис. 7. Окраска углов при правильном (а) и неправильном (б) положении краскораспылителя

Для получения равномерного покрытия наносимая полоса лакокрасочного материала должна перекрывать ранее нанесенную примерно на  $0,3B$ , где  $B$  – ширина полосы.

### Библиографический список

1. Защитно-декоративное покрытие древесных материалов / В.И. Онегин, Ю.И. Ветошкин, Ю.И. Цой, С.В. Гагарина. СПб: ПРОФИКС, 2006. 176 с.
2. Свойства и применение полиуретановых лакокрасочных материалов / Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, М.В. Газеев, Н.А. Миронов // Дизайн и производство мебели. 2005. № 1. С. 33–37.
3. Ветошкин Ю.И., Совина С.В., Задимидько В.Т. Формирование лакокрасочного покрытия пневматическим распылением: учеб. пособие. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2012. 106 с.
4. Ветошкин Ю.И., Газеев М.В., Цой Ю.И. Специальные виды отделки: учеб. пособие для вузов. Екатеринбург, 2008. 129 с.

УДК 674.07

**М.В. Газеев, О.Н. Чернышев, Р.С. Жуков**  
(M.V. Gazeev, O.N. Chernyshev, R.S. Zhukov)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: gazeev\_m@list.ru

## **КАЧЕСТВО ОБЛИЦОВОЧНЫХ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФАСАДНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ МЕБЕЛИ ИЗ МДФ**

### **THE QUALITY OF FACING PROTECTIVE AND DECORATIVE COVERINGS ON FRONT ELEMENTS OF FURNITURE FROM MDF**

*В статье рассматривается технология облицовывания МДФ пленками ПВХ в мембранно-вакуумном прессе и качество получаемых покрытий.*

*In article the technology of veneering of MDF in a membrane and vacuum press and quality of the received coverings is considered by PVC films.*

В настоящее время при изготовлении корпусной мебели широкую популярность заслужили фасадные элементы мебели из МДФ (древесно-волоконистых плит средней плотности), облицованные пленками ПВХ (на основе поливинилхлорида). Такой вариант отделки является очень эстетичным и технологичным. Широкий ассортимент пленок ПВХ для облицовывания позволяет удовлетворить потребности практически любого покупателя. Приклеиванием к поверхности из МДФ таких пленок можно получить покрытия как однотонные, так и имитирующие различные древесные породы и всевозможные декоративные эффекты. Для облицовывания применяют декоративные пленки ПВХ, которые могут отличаться по цвету, иметь печатный рисунок, имитирующий текстуру древесины, могут быть гладкие или рельефные (с имитацией пор), а также отличаться по блеску.

Технология формирования таких покрытий включает следующие операции [1]:

1. Подготовку поверхности деталей из МДФ и подготовку клея.
2. Нанесение клея на поверхность деталей из МДФ.
3. Сушку нанесенного на поверхность МДФ клея.
4. Облицовывание в мембранно-вакуумном прессе.
5. Снятие свесов облицовочной пленки ПВХ.

Технология облицовывания поверхностей в мембранно-вакуумном прессе позволяет облицовывать как плоские поверхности, так и с глубоким рельефом. Для того чтобы получать качественные ЗДП (защитно-декоративные покрытия) и минимизировать количество брака, необходимо соблюдать технологическую дисциплину.

Перед облицовыванием заготовки следует подготовить к нанесению клея. После механической обработки нужно очистить детали от пыли, выполнить контроль влажности склеиваемых материалов, отшлифовать поверхность облицовываемой детали из МДФ по пласти, кромкам и фрезерованному рисунку шкуркой № 280–320. Нанесение клея должно осуществляться в специальном помещении, которое необходимо содержать в чистоте. Приготовление клея должно осуществляться в строгом соответствии с его технической характеристикой. Необходимо выполнить настройку пневматического пистолета для распыления клея. Выбор диаметра сопла зависит от типа клея: для клеев стандартной вязкости (600–1300 МПа · с) диаметр сопла должен быть 1,4–1,6 мм, для составов увеличенной вязкости (2 000–3 000 МПа · с) – 1,8–2 мм.

Трубопровод воздуха должен быть оборудован масло- и влагоотделителем, а также редуктором для регулирования давления. При настройке пистолета необходимо соблюдать следующие правила: контур факела должен быть ровным, без пропусков; соотношение расхода клея и воздуха необходимо выбирать таким образом, чтобы исключить лишнее туманообразование. Давление воздуха на распыление клея не должно превышать 0,25–0,35 МПа. При нанесении клея необходимо равномерно перемещать пистолет, чтобы состав наносился без пропусков и потеков. Расстояние от поверхности детали до пистолета должно составлять 0,2–0,25 м.

Кромки заготовок из МДФ и фрезерованный контур рисунка обладают большой впитывающей способностью, поэтому необходимо двойное нанесение клея для обеспечения адгезионной прочности клея. Расход клея может колебаться от 50 до 100 г/м<sup>2</sup>. Сушка нанесенного слоя клея на заготовках выполняется на специальных стеллажах в течение 30 минут, но может длиться и 1,5–2 ч.

При необходимости перед облицовыванием клеевой слой обрабатывают шкуркой № 320 (в зависимости от вида облицовочной пленки ПВХ). Облицовывание в прессе выполняют с соблюдением параметров режима, которые также зависят от применяемого клея (температуры прогрева пленки, времени прогрева, времени прессования и т. п.). Для каждой пленки ПВХ режимы прессования разные, и они подбираются индивидуально. Полный цикл облицовывания обычно составляет 3–5 мин. При соблюдении всех этих режимных параметров значительно снижается вероятность появления брака на поверхности покрытия.

Классификацию ЗДП регламентирует ГОСТ 33095-2014, в котором конкретно прописаны обозначения покрытий и требования, предъявляемые к качеству и защитно-декоративным свойствам для конкретных поверхностей (фасадных, лицевых, видимых и т. д.) [2]. Контролируемые показатели качества ЗДП: точность размеров дверей, качество исполнения защитно-декоративного покрытия дверей, теплостойкость защитно-декоративного покрытия, адгезия лакокрасочного покрытия к подложке.

Фасадные элементы корпусной мебели, как правило, изготавливаются из ламинированных МДФ с видимой внутренней пласти, а с фасадной поверхности выполнено фрезерование рисунка согласно наименованию. Так формируется облицовочное защитно-декоративное покрытие. Защитно-декоративные покрытия дверей образованы как лакокрасочными, так и синтетическими облицовочными материалами.

Цель работы – оценить качество ЗДП, образованных на фасадных элементах мебели из МДФ пленками ПВХ по внешнему виду и теплостойкости.

Для осуществления поставленной цели были сформированы ЗДП на заготовках из МДФ размерами 496 × 356 × 16 мм. В результате получили следующие варианты:

1. Мебельный фасад 1 с защитно-декоративным покрытием, выполненным по технологии постформинг термопластичной облицовочной пленкой ПВХ «Черный глянец» (Китай).

2. Мебельный фасад 2 с защитно-декоративным покрытием, выполненным по технологии постформинга термопластичной облицовочной пленкой ПВХ «Белый глянец» (Китай).

3. Мебельный фасад 3 с защитно-декоративным покрытием, выполненным жидкими лакокрасочными материалами (Milesi, Италия) последовательным нанесением. Использовались грунт универсальный полиуретановый LBR-16, белый пигментный, эмаль полиуретановая KKR-1 красная, лак акриловый ATL-40М (20 % блеска, матовый). Для сравнения стойкости пленочного ЗДП с ЛКП (лако-красочным покрытием) было сформировано данное покрытие. В результате исследования теплостойкости ЗДП по ГОСТу 28067-89 были получены результаты, сведенные в таблицу.

Определение контактной теплостойкости  
защитно-декоративного покрытия по ГОСТу 28067-89

Номер точки	Температура контакта сосуда с испытуемым образцом, °С	Результаты оценки		Состояние поверхности образца после испытаний	Примечание
		по «сухому» методу	по «влажному» методу		
Мебельный фасад 3					
1	85	*	—	1 балл	Нет изменений
2	85	*	—	1 балл	Нет изменений
3	85	*	—	1 балл	Нет изменений
4	100	*	—	1 балл	Нет изменений
5	100	*	—	1 балл	Нет изменений
6	100	*	—	1 балл	Нет изменений
7	120	*	—	2 балла	Едва заметное изменение блеска
8	120	*	—	2 балла	
9	120	*	—	2 балла	
Мебельный фасад 1, 2					
1	85	*	—	1 балл	Нет изменений
2	85	*	—	1 балл	Нет изменений
3	85	*	—	1 балл	Нет изменений
4	100	*	—	2 балла	Едва заметное изменение блеска
5	100	*	—	2 балла	
6	100	*	—	2 балла	

На основании полученных результатов испытаний контактная теплостойкость защитно-декоративного покрытия 3 составила 100 °С. Согласно приложению Б, таблице Б.1 и по ГОСТу 33095-2014 «Покрытия защитно-декоративные на мебели из древесины и древесных материалах» испытанное покрытие относится к группе стойкости 9 и является теплостойким. Контактная теплостойкость защитно-декоративного покрытия двери» (2) составила 85 °С; покрытие относится к группе стойкости 6 и является ограниченно теплостойким.

При анализе свойств и принятия обозначения по ГОСТу 33095-2014 для покрытий были прописаны обозначения:

- 1) пленка ТП. I. Г. ГЛ. 6. С;
- 2) ТП DL 0901-6Т. I. Г. ГЛ. 6. С;
- 3) ATL-40М, эмаль KKR-1, грунт LBR-16. I. П. ЗП. М. 9. С красная.



В целом, покрытия получились с высокими декоративными свойствами, но теплоустойчивость в сравнении с ЛКП уступает. К тому же на поверхности глянцевой пленки покрытия 1 наблюдается незначительная шагрень. Данный дефект прослеживается у многих производителей и является повсеместным. Причем пленка до прессования идеально гладкая и ровная, но после мембранно-вакуумного облицовывания шагрень проявляется. При анализе технологии формирования ЗДП были выявлены возможные причины появления данного дефекта:

- 1) нарушение режима нанесения клея (высокое давление (0,5–0,6 МПа), неправильное соотношение расхода воздуха и клея, что приводит к неравномерному нанесению клея крупными каплями);
- 2) повышенный расход клея (нужно учитывать при нанесении клея, что поверхность МДФ имеет участки фрезеровки и торцы детали. Остальная поверхность ровная);
- 3) шероховатость обработанной поверхности МДФ;
- 4) наличие пыли, которая притягивается к поверхности плиты МДФ.

На участке отделки должен быть строгий контроль технологических параметров и соблюдение чистоты. Несмотря на соблюдение данных требований, такой дефект, как шагрень, периодически проявляется и очень сильно заметен на глянцевых пленках. Данное обстоятельство связано с нагревом поверхности пленки при облицовывании в прессе, ведь температура колеблется от 70 до 140 °С. Необходимо создать условия, которые бы способствовали термопластичному деформированию пленки и заполнению облицовочным материалом фрезерованного профиля поверхности. При этом температура не должна вызывать появление шагрени на поверхности ЗДП, что необходимо отрабатывать и проверять.

## Библиографический список

1. Технология мембранно-вакуумного прессования // ЛКМ портал. URL: <https://www.lkmportal.com/company/kompaniya-homa/blog/12254> (дата обращения 20.05.2018).
2. ГОСТ 33095. Покрытия защитно-декоративные на мебели из древесины и древесных материалов. Классификация и обозначение. Введен 2016–01–01. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. 12 с.

УДК 674.815

**А.М. Газизов, Е.С. Синегубова, О.В. Кузнецова**  
(А.М. Gazizov, E.S. Sinegubova, O.V. Kuznecova)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: ashatgaz@mail.ru

## ИЗУЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

### THE STUDY OF FIRE RESISTANCE OF COMPOSITE MATERIALS

*Сегодня очень актуальна проблема повышения огнестойкости конструкций при возгораниях. Один из способов ее решения – добавление в древесно-стружечные плиты природного минерала вермикулита. Наше исследование показало, что это значительно*

повышает влагостойкость и огнестойкость плит и при этом не снижает их физико-механические свойства.

*Today, the problem of increasing the fire resistance of structures in case of fire is very urgent. One of the ways to solve it is the addition of natural mineral vermiculite to particle Board. Our study has shown that this significantly increases the moisture resistance and fire resistance of the plates and does not reduce their physical and mechanical properties.*

Важным определяющим свойством повышения огнестойкости конструкций является горючесть используемых строительных материалов [1, 2].

Композиционный древесный материал – это древесно-стружечные плиты (ДСтП), они считаются одним из перспективных конструктивно-отделочных материалов для строительства. Плиты средней плотности (500–750 кг/м<sup>3</sup>) используются для обшивки стен, внутренней прошивки крыш, подложки под черновой настил пола и др. Такие плиты обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Производство древесно-стружечных плит – один из наиболее рациональных путей использования неделовой древесины, технологических дров, отходов лесопильно-деревообрабатывающих производств и даже опилок.

Преимуществами древесно-стружечных плит являются:

- 1) сравнительно невысокая стоимость;
- 2) легкость обработки;
- 3) различная плотность и при этом небольшой вес;
- 4) большие габариты при высокой жесткости и формостабильности;
- 5) малая размероизменяемость при изменении температурно-влажностных условий эксплуатации;
- 6) возможность регулирования некоторых физико-механических показателей плит;
- 7) однородность свойств в различных направлениях по плоскости плиты;
- 8) богатая сырьевая база, в т. ч. в виде вторичного сырья лесной и деревообрабатывающей промышленности;
- 9) плиты хорошо склеиваются как по пласти, так и по кромкам, могут быть отделаны различными материалами.

Основными недостатками древесно-стружечной плиты являются невлагостойкость материала и неустойчивость к огню.

Для улучшения свойств древесно-стружечной плиты, проанализировав возможные наполнители, остановились на малоизвестном для деревообрабатывающей промышленности природном минерале – вермикулите.

Вермикулит вспученный – материал в виде чешуйчатых зерен золотисто-желтых, бурых цветов, который получают измельчением минерала вермикулита в ударных дробилках и обжигом в коротких вращающихся или шахтных печах во взвешенном состоянии; температура обжига – 900–1 000 °С, продолжительность – 3–5 мин.

Этот природный материал обладает следующими свойствами:

- устойчивостью к высоким температурам;
- высокой тепло- и звукоизоляцией;
- он нетоксичен;
- не гниет и не разлагается;
- инертен к органическим растворителям и нерастворим в воде;
- обладает хорошими сорбционными свойствами для газовых и жидкостных сред;

- не имеет запаха;
- предотвращает образование плесени;
- не является благоприятной средой для насекомых и грызунов.

Влажность вермикулита при 100 % влажности воздуха составляет всего около 10 %.

Цель исследования – получить древесно-стружечные плиты с добавлением вермикулита, изучить физико-механические свойства и свойства огнестойкости модернизированной древесно-стружечной плиты.

В качестве контрольных образцов были спрессованы древесно-стружечные плиты без вермикулита (плита № 1) средней плотностью  $650 \text{ кг/м}^3$ , толщиной 10–12 мм.

Фракционный состав вермикулита в древесно-стружечных плитах с вермикулитом выбран в соответствии с фракционным составом древесной стружки: толщина – 0,2–0,5 мм, ширина – 1–10 мм, длина – 5–40 мм. В плиты добавлен вермикулит в соотношении 10 % от общей массы стружки готовой плиты (плита № 2), 30 % (плита № 3) и 50 % (плита № 4). С целью повышения достоверности все эксперименты были продублированы.

Исследования на огнестойкость плит проводили с помощью испытательной установки для определения воспламеняемости строительных материалов, на которой определяли время потемнения и время возгорания плит при температуре  $800^\circ\text{C}$  (рис. 1).

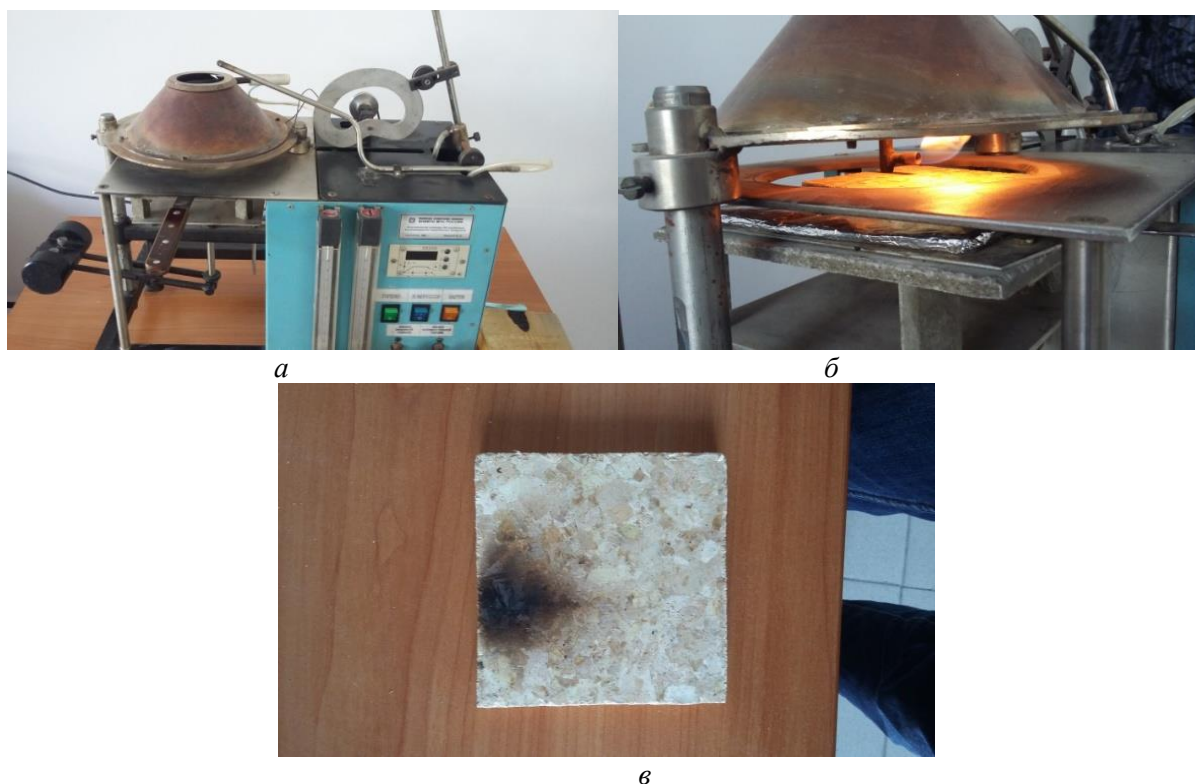


Рис. 1. Установка испытательная: *а* – для определения воспламеняемости; *б* – для включения факела; *в* – образец после испытания

Полученные показатели наиболее точно отражают стойкость плит при действии высоких температур и огня. Результаты испытаний приведены на рисунках 2 и 3.

На диаграммах прослеживается повышение показателей огнестойкости с добавлением вермикулита в 2 раза и выше.

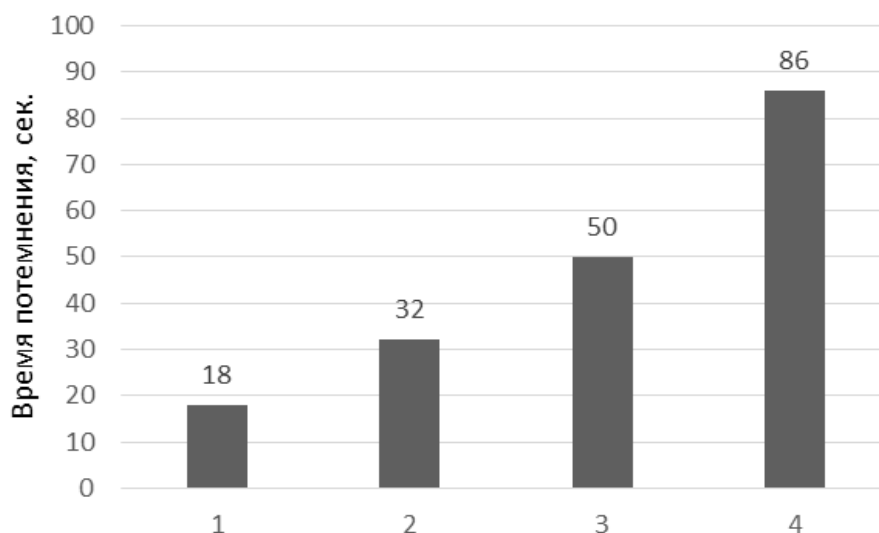


Рис. 2. Диаграмма времени потемнения ДСтП и ДСтП с вермикулитом

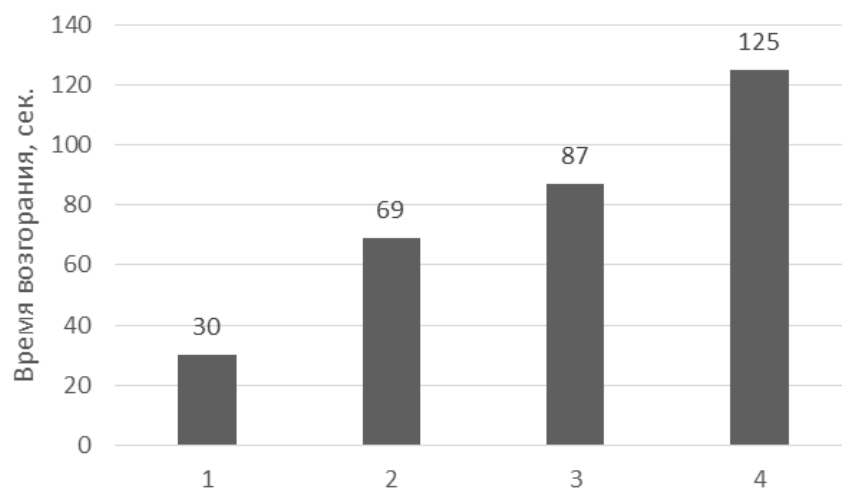


Рис. 3. Диаграмма времени возгорания ДСтП и ДСтП с вермикулитом

## Выводы

В целом можно сделать вывод, что добавление вермикулита в состав древесно-стружечных плит средней плотности значительно повышает влагостойкость и огнестойкость плит, при этом не снижая их физико-механические свойства, и является перспективным направлением для применения модифицированных плит в строительстве.

## Библиографический список

1. Газизов А.М., Еникеев М.И. Огнестойкость древесины. Огнезащита древесины // Сборник трудов Академии ГПС МЧС России II Международн. науч.-практич. конф. М., 2018. 100 с.
2. Шайхуллина М.М., Хафизов И.Ф., Шарафутдинов А.А. Повышение предела огнестойкости металлических конструкций // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: мат-лы VIII Международн. науч.-практич. конф. молодых ученых. Уфа, 2015. 212–213 с.

УДК 674.815

**А.М. Газизов, А.Т. Гордеева**

(A.M. Gazizov, A.T. Gordeeva)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: ashatgaz@mail.ru

## **МОДИФИКАЦИЯ КЛЕЯ НАНОРАЗМЕРНЫМ СЕРЕБРОМ**

### **MODIFICATION OF NANO GLUE SILVER**

*Сегодня существует потребность в веществах, которые снижали бы суммарную токсичность и повышали бы биостойкость композитов. Исследования показали, что таким веществом может быть наноразмерное серебро в виде коллоидного раствора. При этом нужно учитывать, что модификация клея наноразмерным серебром повышает вероятность снижения прочности композита и изменения ее водопоглощения.*

*Today there is a need for substances that would reduce the total toxicity and increase the biological resistance of composites. Studies have shown that such a substance can be nanosized silver in the form of colloidal solution. It should be borne in mind that the modification of the adhesive with nanosized silver increases the probability of reducing the strength of the composite and changing its water absorption.*

В настоящее время лесопромышленные предприятия стремятся к увеличению объемов выпускаемой клееной продукции. В связи с экономическим развитием фанерной промышленности приобрели значимость вопросы повышения эффективности производства, сокращения расходов сырья на производство единицы продукции, эффективной переработки образующихся отходов, снижения себестоимости продукции при сохранении ее качества. Березовое фанерное сырье – наиболее дефицитный сортимент лесного комплекса, в связи с тем что для производства требуется край достаточно высокого качества и относительно больших размеров.

Фанеру изготавливают путем прессования листов шпона толщиной 1–2 мм и более с перекрестным направлением волокон в смежных слоях. При такой конструкции происходит увеличение прочности материала (выше прочности исходной древесины), снижение отрицательного влияния пороков и анизотропии.

По механической структуре фанера относится к классу слоистых клееных материалов. Важным преимуществом фанеры перед 12-клееными балками и пиломатериалами является высокая упругость и прочность при меньшем сечении, что связано с уплотнением шпона при склеивании и равномерным распределением пороков древесины в слоях шпона. Фанера сопротивляется разрушению дольше чем массивная древесина по причине ступенчатого механизма разрушения.

Клей является одним из главных компонентов при производстве фанеры и составляет около 20 % в себестоимости готовой продукции. Так, для производства фанеры применяются следующие виды клеев: карбамидоформальдегидный, фенолформальдегидный.

К преимуществам карбамидоформальдегидных клеев относятся низкая стоимость, высокая прочность соединений, малое время горячего отверждения; недостатками являются ограниченная водо- и теплостойкость, хрупкость клеевого шва, большая усадка клея, коррозионность шва.

Преимущества фенольных смол по сравнению с карбамидными – высокая водо- и атмосферостойкость клеевых соединений. Недостатки – более высокая цена, малая скорость отверждения, более высокая токсичность. Клей дает темный клеевой шов, имеется опасность кислотного повреждения древесных волокон.

При производстве древесных композитов с повышенной биостойкостью используют антисептики, содержащие токсичные компоненты, например, фтор, тяжелые инсектициды и фунгициды.

Учитывая, что в наше время ужесточается экологическое законодательство, которое ограничивает содержание токсичных веществ в составе антисептиков, необходимо найти такие вещества, которые бы снижали суммарную токсичность и повышали биостойкость композитов [1]. Фанера обладает некоторой повышенной биостойкостью по сравнению с массивной древесиной благодаря чередованию слоев древесного шпона со слоями клея.

Исследования показали, что наноразмерное серебро в виде коллоидного раствора способно сохранять антибактериальные свойства в течение очень длительного времени. Оказывает вяжущее, антисептическое и противовоспалительное действие, диссоциирует с образованием ионов серебра. Ионы серебра препятствуют размножению бактерий на слизистых оболочках; используется в качестве глазных капель в виде 1–2 % растворов, для спринцеваний [2].

Наночастицы серебра не только обеззараживают покрытие, но и благоприятно влияют на гигиеническое состояние воздуха внутри помещения, на длительный срок препятствуют размножению болезнетворных бактерий, вирусов, грибов. За счет своих уникальных качеств и полной безвредности для здоровья средства защиты древесины с наносеребром могут использоваться не только в жилых помещениях, офисах, но и в помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха: больницах, роддомах, детских комнатах.

Применение частиц наносеребра позволяет сократить или полностью устранить из бытового применения такие токсичные и вызывающие аллергию вещества, как хлор, йод, активные соли, применяемые ныне для обеззараживания.

Помимо бактерицидных свойств, коллоидный раствор наносеребра оказывает иммуномодулирующее и иммунокорригирующее действие. Добавка частиц наносеребра к различным материалам и изделиям сохраняет их биоцидное действие в течение длительного периода времени.

При модификации клея наноразмерным серебром, обладающим высокой поверхностной активностью, существует вероятность изменения протекания химической реакции поликонденсации связующего, что может сказаться на когезии полимера и, как следствие, на прочностных показателях композита. Так, использование наноразмерных металлов может существенно снизить температурный порог реакции твердофазового синтеза за счет снятия кинетической заторможенности процессов [3].

Можно сделать вывод, что применение модифицированного клея наноразмерным наполнителем однозначно сказывается на их физико-механических показателях и является перспективным направлением.

## Библиографический список

1. Волынский В.Н. Технология клееных материалов: учебн. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Архангельск; АРТУ, 2006. 280 с.
2. Стенина Е.И., Ваулина И.А., Оберюхтина Н.А. Изучение физико-механических свойств ДСтП, модифицированных наноразмерным серебром // Деревообработка:

технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XI Международн. евразийск. симпозиума, г. Екатеринбург, 25–28 мая 2016 г. Екатеринбург, 2016. С. 95–99.

3. Гороховский А.В. Композиционные наноматериалы. Саратов: СГТУ, 2008. 73 с.

УДК 674.093

**И.Т. Глебов, Т.В. Полякова**

(I.T. Glebov, T.V. Polyakova)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: git5@yandex.ru

## **ИННОВАЦИИ В ЛЕСОПИЛЕНИИ**

## **INNOVATIONS IN SAWMILLING**

*Раскрыто понятие инновации в лесопилении. Приведен пример инновационного решения в линии производства пиломатериалов «Линк». Показано использование сканирующих устройств для создания электронного образа бревна и использование этого образа при расчете параметров боковых досок. Показано использование компьютерных технологий для угловых станков.*

*In article the concept of an innovation of sawmilling is opened. The example of innovative solution in a production line of timber «Link» is given. Use of scanners for creation of an electronic image of a log and use of this image when calculating parameters of side boards is shown. Use of computer technologies of angular machines is shown.*

*Инновация* – это внедрение, использование новых научных и инженерных технологий в лесопилении. Это экспериментальные исследования, разработка технологий, оборудования и систем управления лесопильным производством. Под инновацией понимают весь цикл от разработки до внедрения и использования объекта.

Инновация, нововведение, как отмечено в «Википедии», – это внедренное новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Является конечным результатом интеллектуальной деятельности человека, его фантазии, творческого процесса, открытий, изобретений и рационализации.

В настоящее время инновации пришли в лесопиление. Создается лесопильное оборудование проходного и позиционного типа, станки фрезерно-брусующие, многопильные круглопильные станки первого и второго ряда, фрезерно-профилирующие станки, сдвоенные и счетверенные вертикальные ленточнопильные станки для крупных и средних лесопильных предприятий.

Появились новые технологии и оборудование с новыми потребительскими свойствами, которые делают лесопильное предприятие более конкурентоспособным в условиях рыночных отношений. Результатом инноваций в производстве является повышение производительности труда, точности размеров и качества пиломатериалов, снижение трудоемкости технологического процесса.

Широко используется зарубежный опыт лесопиления. Потребность раскроя бревен на пиломатериалы с учетом качества древесины впервые была разрешена в конце 1960-х годов при проектировании ленточнопильного потока шведской фирмы «Чер». Линия включала окорочные станки, рентгеновскую и телевизионную установки, компьютер с программой, обрабатывающей результаты сканирования бревен, поступающие с телевизионной установки. Так, на линии в автоматическом режиме измерялись геометрические параметры бревна (диаметры, длина) и качество древесины. На компь-

ютере рассчитывалась оптимальная карта раскроя бревна. Затем бревна подавались на распиловку вертикальными ленточнопильными станками. В линии было установлено 9 ленточнопильных станков.

В настоящее время технологии развиваются очень быстро, и для успешного и конкурентоспособного производства недостаточно одного лишь использования современного оборудования. Необходимы новые подходы и оптимизация производственного процесса с использованием программных и аппаратных средств. Программно-аппаратная система, обеспечивает управление станком с помощью пакета специальных программ, установленных на компьютере, через специальное интерфейсное соединение между процессором компьютера и микропроцессором станка.

Система оптимизации, по данным компании «УРТЦ «Альфа-Интех» (г. Челябинск), обеспечивает:

- 1) автоматический расчет оптимальной схемы, по которой будет производиться распил бревна по критерию максимального выхода пиломатериалов с заданными параметрами, в том числе радиально ориентированного, индивидуально для каждого бревна без сортировки по диаметрам;
- 2) автоматическое перемещение пил в соответствии с рассчитанной оптимальной схемой;
- 3) возможность вмешательства оператора в процесс распила для учета реальных особенностей распиливаемого бревна и возврата в режим оптимизации;
- 4) визуализацию процесса пиления на экране компьютера и обеспечение функций учета и контроля.

## *Линия производства пиломатериалов*

Инновационные технологии распиловки бревен на пиломатериалы реализованы в линиях фирмы «Линк» (Германия) [1]. Одна из них показана на рисунке 1.

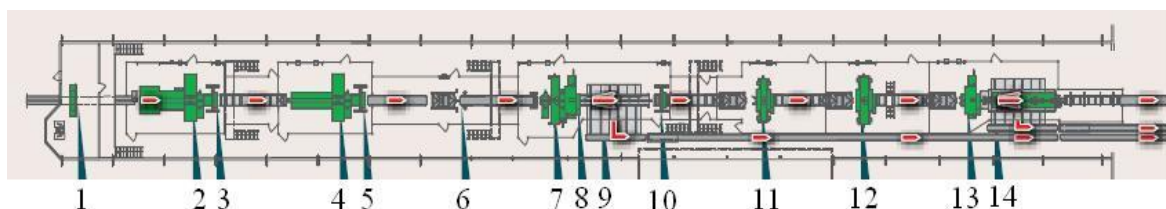


Рис. 1. Профилирующе-делительная линия фирмы «Линк» для получения пиломатериалов: 1 – сканирование, трехмерное измерение бревен; 2, 4 – фрезерно-брусующий станок VM45; 3, 5, 10 – поворотное устройство; 6 – сканирование трехмерное измерение бруса; 7, 12 – профилирующий агрегат VPM450; 8 – многопильный станок CSMK285-A1; 9, 14 – разделительный транспортер; 11 – профилирующий агрегат VPF340; 13 – многопильный станок C5MK285

Бревна поступают в лесопильный цех по продольному транспортеру и проходят через рамку лазерного сканирующего устройства 1. Результаты трехмерного измерения подаются на компьютер, который по специальной программе создает электронную модель бревна (рис. 2).

На компьютере имеется также таблица (массив) спецификационных боковых досок. Размеры досок в таблице всегда могут быть изменены. Используя данные таблицы и трехмерного измерения, с помощью программы оптимизации высчитывается оптимальная толщина и ширина боковых досок, а также их положение. Компьютер в считанные секунды производит расчет тысяч вариантов и определяет оптимальную карту раскроя. При расчете учитывается допустимая величина обзола и укороченная длина



боковых досок. При этом раскрой может быть несимметричным и с разным количеством боковых досок на сторону.

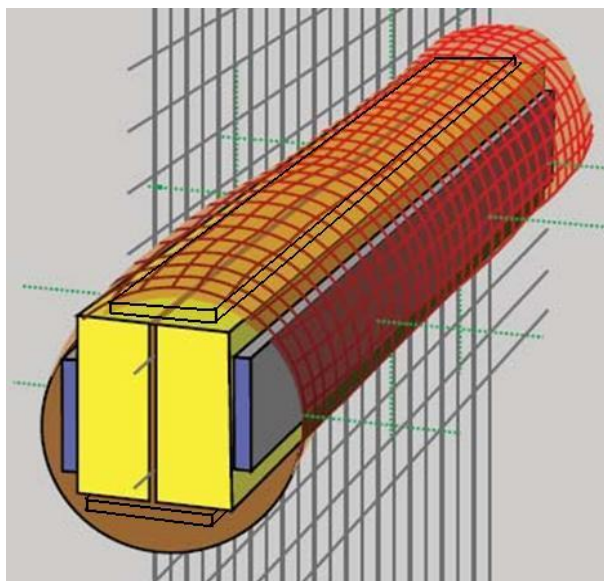


Рис. 2. Компьютерная модель формы бревна

Бревно подается в фрезерно-брусующий станок 2. Формируется двухкантный брус. Брус разворачивается вокруг продольной оси на  $90^\circ$  и проходит через второй фрезерно-брусующий станок 4. Получается четырехкантный брус, который затем поворачивается в положение, в котором находился двухкантный брус. Далее производится сканирование бруса, измерение поверхностей, повторная оптимизация боковых досок, производится сравнение с измерением на входе.

Брус подается в профилирующие агрегаты 11, 12. Получается профильный брус (рис. 3), который разваливается на многопильном станке на пиломатериалы.



Рис. 3. Профильный брус

Таким образом, использование инновационной технологии продольного раскря бревен, использование метода фрезерования при формировании ступенчатого бруса с последующим его развалом на доски на многопильном станке позволило фирме «Линк» повысить полезный выход пиломатериалов, автоматизировать процесс и сделать распиловку бревен более экономичной.

### Станки углового пиления [2]

В настоящее время все станки углового пиления, выпускаемые российскими производителями, снабжены системой оптимизации. Их основой является числовое программное управление (ЧПУ). Работают они по специальной управляющей программе. В связи с этим в механической части станка сделаны некоторые изменения.

Ходовые винты, обеспечивающие перемещение пильных суппортов, выполнены с повышенной жесткостью и обеспечивают высокую плавность и точность хода. В них не допускается образование люфтов.

Для привода ходовых винтов применяются шаговые электродвигатели или серводвигатели. Шаговый двигатель – это электромеханическое устройство, преобразующее сигнал управления в угловое перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении без устройства обратной связи.

На каждый сигнал управления ротор шагового двигателя поворачивается на угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$ . Количество электрических импульсов по заданной величине линейного перемещения рассчитывается компьютером, и затем импульсы подаются на шаговый двигатель.

Для работы станка система оптимизации включает компьютер, программу раскроя бревна, устройство для измерения вершинного и комлевого диаметров бревна (рис. 4).

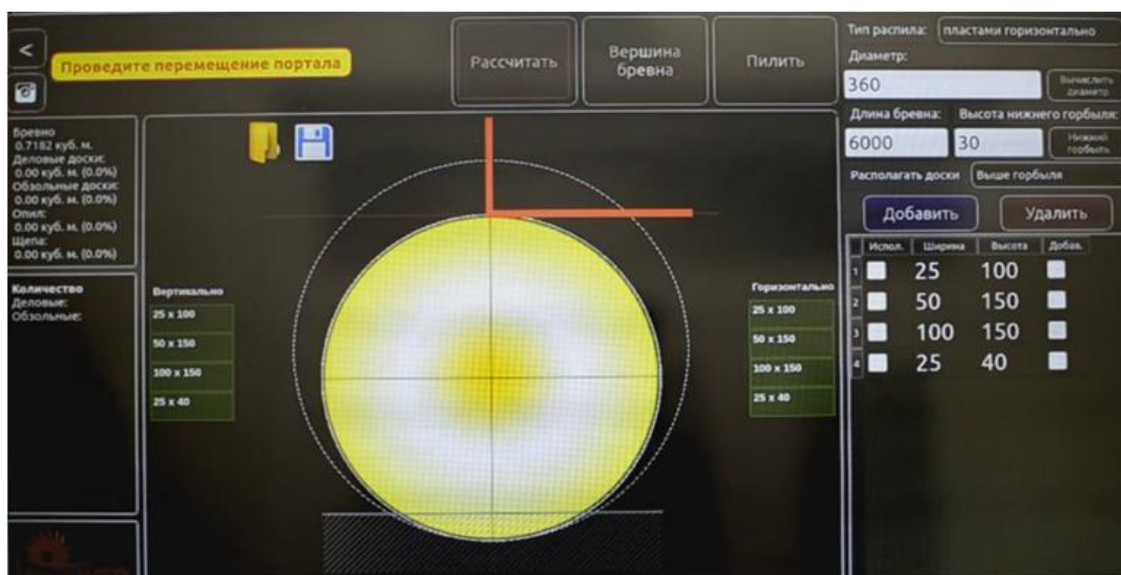


Рис. 4. Исходный вид программы оптимизации на мониторе

Для работы бревно загружается на станок и крепится на станине с помощью зажимов [3]. Вертикальный лазерный луч устанавливается в середине торцового сечения бревна. Задаются значения диаметров бревна вершинного и комлевого, указывается длина бревна. Задаются значения сечений пиломатериалов, которые требуется выпилить. Нажимаем кнопку «Рассчитать», и система выполнит расчет множества вариантов и покажет на экране монитора оптимальный вариант карты раскроя (рис. 5). В окне программы указаны объем распиливаемого бревна и объем полученных пиломатериалов.

Задание размеров осуществляется с помощью микропроцессора, установленного на пульте управления станка.

*Микропроцессор* – это устройство цифровой обработки информации, осуществляемой по заранее заданной программе. Микропроцессор управляет электроприводом

ходовых винтов, обеспечивающих настроечные перемещения пил. Функции, которые реализуются микропроцессором, определяются его управляющей частью и задаются определенным набором команд, записываемых заранее в запоминающих устройствах. Включаются электродвигатели приводов пил и привода подачи.



Рис. 5. Окно программы с оптимальным планом раскря бревна

Срезание древесины с бревна производится слоями. Сначала отпиливается горбыль, затем доски первого слоя, затем доски второго слоя и т. д.

Для отпиливания горбыля точка пересечения лазерных лучей, соответствующих положению пил, устанавливается под горбылем слева от него. Система ЧПУ перемещает пилы в указанное положение. Включается подача, и портал с пилами перемещается относительно бревна, отпиленный горбыль удаляется вручную. Портал возвращается в исходное положение.

Лазерные лучи переводятся на отпиливание первого слоя пиломатериалов. Сначала перекрестие лучей ставится за первым брусом. Брус отпиливается и удаляется вручную. Портал возвращается в исходное положение. Затем перекрестие лучей ставится за доской, доска отпиливается и удаляется.

Управление процессом пиления может быть ручным или автоматическим. Производительность пиления увеличивается до 10 % и достигает 1–12 м<sup>3</sup> пиловочника в смену. Выход пиломатериалов достигает 65 % (горбыли боковые рейки 22 %, опилки – 13 %).

В качестве недостатков такой системы следует отметить следующее. При составлении карты раскря объем бревна используется не полностью. На карте раскря не показаны доски, расположенные в сбеговой зоне. Все доски располагаются только внутри вершинного диаметра. В программе раскладки карты раскря не используется теория поставов, не рассчитываются ширина и длина боковых досок поставы. Итогом всего этого является недоиспользование повышения полезного выхода пиломатериалов.

## Библиографический список

1. LINCK Holzverarbeitungstechnik GmbH. Технологии лесопильного производства. Опыт, традиции, надежность. Оберкирх: LINCK. 24 с.
2. Глебов И.Т. Круглопильные станки для распиловки бревен и брусьев. СПб: Лань, 2016. 144 с.
3. Воякин А. Оптимизация раскря бревен. Лесная индустрия, 2011. № 3.

УДК 674.055:539.23621

**А.К. Кулешов<sup>1</sup>, В.В. Углов<sup>1</sup>, В.В. Чаевский<sup>2</sup>**

(А.К. Kuleshov, V.V. Uglov, V.V. Chayevski)

(<sup>1</sup>БГУ, <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: kuleshak@bsu.by

# **ВЫСОКОТВЕРДЫЕ И ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ КАРБИДОВ НИОБИЯ И ВОЛЬФРАМА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ**

## **SUPERHARD AND WEAR RESISTANT COATINGS FROM CARBIDES OF NIOBIUM AND TUNGSTEN ON WOODWORKING TOOLS**

*Разработаны режимы ионно-плазменного осаждения ниобия в атмосфере метана, позволяющие формировать архитектуру слоистых покрытий из  $(Nb_{0,8}W_{0,2})C_{0,7}$  и NbC на фрезерном дереворежущем инструменте. Твердость этих покрытий достигает значений в 70 ГПа. Максимальная эксплуатационная стойкость инструмента с этими покрытиями при резании деревостружечных плит возрастает до 7 раз.*

*The modes of ion-plasma deposition of niobium in a methane atmosphere have been developed that make it possible to form the architecture of layered coatings from  $(Nb_{0,8}W_{0,2})C_{0,7}$  and NbC on a milling woodcutting tool. The hardness of these coatings reaches values of 70 GPa. The maximum operational durability of the tool with these coatings when cutting wood chipboards increases up to 7 times.*

Как известно, доминирующими процессами, определяющими износ дереворежущего твердосплавного инструмента при резании деревостружечных плит, являются трение, окисление и химическое взаимодействие компонент обрабатываемого материала и инструмента [1]. Для увеличения износостойкости твердосплавного дереворежущего инструмента применяют слоистую архитектуру защитных вакуумно-плазменных покрытий. В качестве антифрикционного верхнего слоя исследуются возможности оксида хрома, алмазоподобного углерода или других типов антифрикционных слоев.

Основной более твердый слой износостойкого покрытия содержит стойкие к окислению слои нитридных керамик, например, CrN с адгезионными подслоями на основе металлов. Создание таких композиционных или слоистых покрытий требует последовательного или одновременного применения нескольких типов вакуумно-плазменных технологий в сочетании с несколькими типами катодов.

Перспективными и менее дорогими покрытиями для увеличения износостойкости твердосплавного дереворежущего инструмента могут быть покрытия, формируемые в одном технологическом цикле ионно-плазменного осаждения. Существуют карбидные системы, например, NbC, которые в качестве более твердого, термостабильного и износостойкого покрытия для деревообработки потенциально превосходят нитридные покрытия, однако они еще недостаточно изучены [1, 2].

В данной работе исследуется фазовый и элементный состав, механические, эксплуатационные свойства при деревообработке ионно-плазменных покрытий из карбидов ниобия, вольфрама, сформированные на твердосплавном дереворежущем инструменте с использованием интенсивной и длительной по времени ионной обработки карбидов вольфрама ниобием и плазменным осаждением ниобия в среде метана.

Образцы твердого сплава в виде фрезерных деревообрабатывающих ножей состояли из карбида WC и связующего Co (3 % ат.) и имели твердость 17 ГПа.

Ионно-плазменная обработка покрытий при использовании катода ниобия на образцы сплава проводилась при следующих режимах:

а) «стандартный режим», обозначенный в работе как NbC\_1: ток горения катодно-вакуумной дуги на катоде из ниобия 180 А, время бомбардировки ионами ниобия – 1 минута. Потенциал ионной бомбардировки – 1 кВ, потенциал при осаждении покрытия – 120 В, время осаждения – 5 минут, давление метана при осаждении –  $10^{-1}$  Па;

б) режим NbC\_2. В нем изменены следующие параметры по отношению к режиму NbC\_1: ионная бомбардировка – 2 минуты, потенциал осаждения покрытия – 200 В;

в) режим NbC\_3: ионная бомбардировка – 3 минуты, потенциал осаждения покрытия – 200 В;

г) режимы I2 и I3: проводилась только ионная бомбардировка в течение 2 и 3 минут соответственно ионами ниобия при токе горения катодной дуги 180 А, потенциале смещения в 1 кВ (без последующего осаждения покрытия).

Для определения значений концентрации элементов по глубине в покрытиях и твердом сплаве изготавливались поперечные шлифы и использовался метод растровой электронной микроскопии (прибор LEO 1455 VP). Микротвердость поверхностных слоев измерялась методом Кнуппа на приборе Wilson Instruments 402MVD при нагрузке 0,5 Н. Измерение адгезионной прочности образцов с покрытиями проводилось на установке «скретч-тестер». Принцип работы «скретч-тестера» основан на методе склерометрии – царапании поверхности покрытия алмазным индентором (радиус закругления – 0,5 мм) при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия.

Скорость движения индентора была 20 мм/мин, максимальная нагрузка на индентор в конце трека достигала 150 Н.

Для определения удельного объемного износа твердосплавного инструмента применялась следующая методика. На установке «скретч-тестер» алмазный индентор с закруглением 0,5 мм под нагрузкой 20 Н совершал возвратно-поступательное движение по поверхности инструмента длиной 7 мм со скоростью 20 мм/мин в течение 30 минут. Сформированный трек износа на поверхности инструмента измерялся профилометром, и затем по 10 профилограммам из разных мест трека рассчитывался усредненный удельный объемный износ.

Эксплуатационные испытания проводились при обработке ламинированных ДСтП плит лезвийными неперетачиваемыми пластинами с нанесенными покрытиями на многооперационном станке с числовым программным управлением ROVER B 4.35 до появления заметных дефектов на кромке обрабатываемых плит в виде выкрашивания, сколов и др.

Как известно, увеличение интенсивности и времени ионного воздействия влияет на температуру нагрева инструмента и процессов последующего плазменного осаждения. Были измерены температурные поля на образцах твердого сплава во время ионной бомбардировки ниобием с использованием оптического тепловизора. Результаты этих экспериментов показали, что ионная бомбардировка ниобием в режиме NbC1–NbC3 позволяет через 40 секунд ионного воздействия достичь температуры поверхности сплава в 1 250–1 350°C. Дальнейшее увеличение времени ионного воздействия не изменяет значений достигнутых температур.

Результаты экспериментов показали, что использование режима NbC<sub>1</sub> при ионной бомбардировке в течение 1 минуты создает переходную область между покрытием и твердым сплавом толщиной не более 0,2 мкм (рис. 1, а). При применении режима NbC<sub>2</sub> плазменного осаждения (рис. 1, б) переходный слой между твердым сплавом и осаждаемым покрытием отчетливо виден на СЭМ изображении шлифа, и толщина его возрастает до значений 0,5–0,8 мкм. В этом слое (рис. 1, в) наблюдается увеличение



содержания W до 20–30 атомарных долей при одновременном уменьшении содержания Nb на такое же значение атомарных долей.

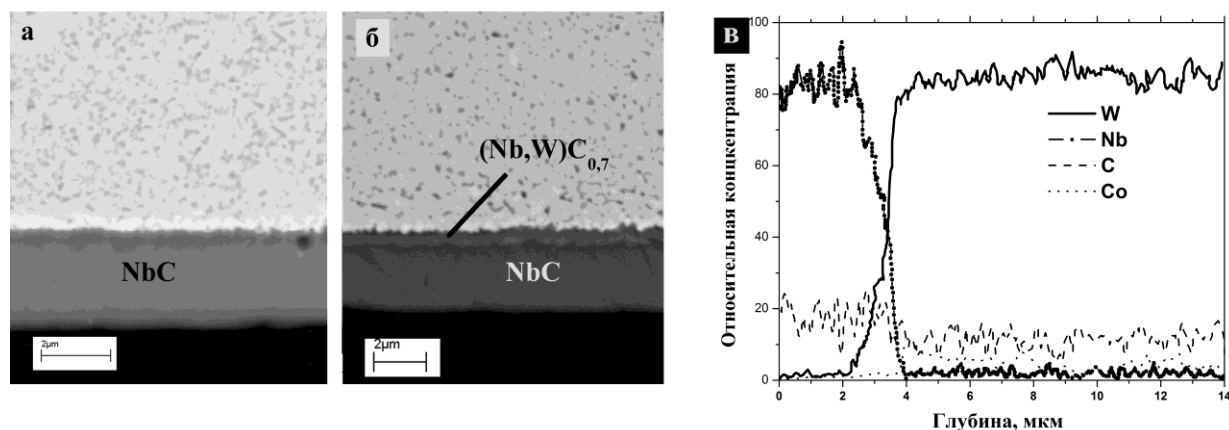


Рис. 1. Растровые электронно-микроскопические изображения шлифов твердого сплава с ионно-плазменными покрытиями, созданными при режимах NbC\_1 (а); NbC\_2 (б); в – распределение по глубине шлифа твердого сплава с покрытием, созданным при режиме NbC\_2, интенсивности характеристического рентгеновского излучения от элементов W, Nb, C, Co

Это означает, что между вольфрамом и ниобием образуется соединение. Подтверждением формирования переходного слоя с соединением Nb и W является более светлый однородный, не имеющий выделений, элементный контраст в электронно-микроскопическом изображении этого слоя по отношению к контрасту изображения покрытия из NbC (рис. 1, а, б).

При использовании только ионной бомбардировки Nb (I2) (рис. 2) в твердом сплаве формируются поверхностные слои толщиной 0,6–0,7 мкм, содержащие атомные доли Nb и W в процентном соотношении 80 к 20, таким же как и в переходной зоне для NbC2 (см. рис. 1).

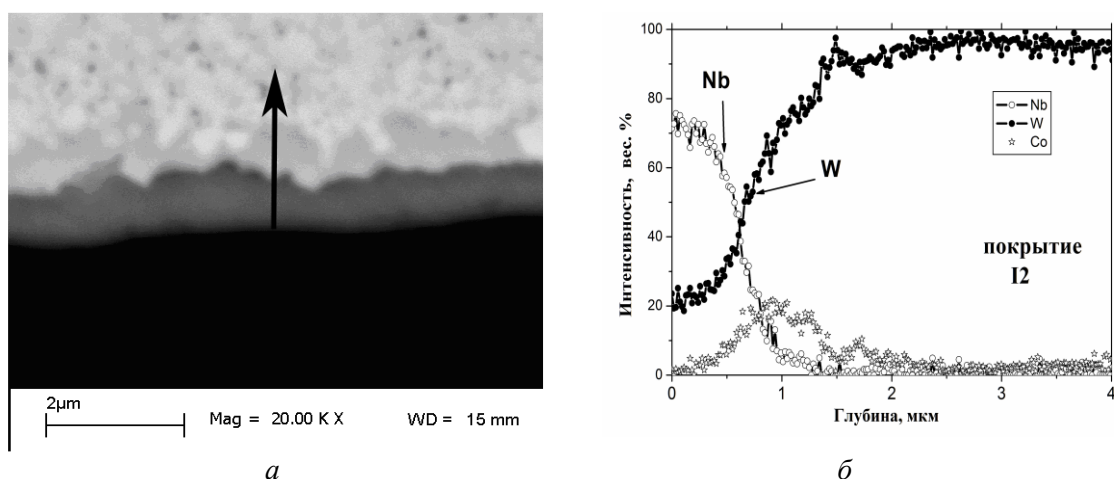


Рис. 2. Ионная бомбардировка Nb (I2) в твердом сплаве:  
а – в сканирующем электронном микроскопе поперечного шлифа образца твердого сплава после ионной бомбардировки в режиме I2;  
б – распределение по глубине в образце I2 относительных интенсивностей характеристического рентгеновского излучения элементов W, Nb, Co

Далее следует слой твердого сплава порядка 0,4 мкм, обогащенный Со. Содержание Со в этом слое достигает 20 атомных долей, что значительно превышает усредненную по объему образца сплава концентрацию Со. Известно, что при увеличении концентрации Со в твердом сплаве возрастает его сопротивляемость к хрупкому разрушению.

Результаты рентгеноструктурного анализа с учетом литературных данных [3, 4] позволили установить фазовый состав карбидных покрытий и слоев, синтезированных на твердосплавном дереворежущем инструменте (в зависимости от режимов ионного воздействия и плазменного синтеза (см. таблицу)).

Фазовый состав покрытий, слоев,  
синтезированных на твердосплавном дереворежущем инструменте,  
в зависимости от режимов ионного воздействия и плазменного синтеза  
и их механические, износостойкие и эксплуатационные свойства

Режим формирования покрытий	Фазовый состав покрытий	Твердость, ГПа	Адгезия, критическая нагрузка отслоения, Н	Износ, $10^{-15} \text{ м}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$	Стойкость, метры погонные
Исходный сплав	—	$17 \pm 1$	—	2,8	3 600
«Стандарт»	TiN	$24 \pm 3$	80, полное отслоение	2,3	4 320
NbC1	NbC	$37 \pm 3$	60, полное отслоение	5,3	4 800
NbC2	NbC + $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$	$62 \pm 5$	150, частичное отслоение	0,67	21 820
NbC3	NbC + $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$ + Nb <sub>2</sub> C	$70 \pm 5$	140, частичное отслоение	1	14 050
I2	$(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$	$41 \pm 3$	—	0,35	16 400
I3	$(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$ + Nb <sub>2</sub> C	$48 \pm 3$	—	0,83	9 150

Из этих данных следует, что увеличение времени ионной бомбардировки ниобием формирует слои нестехиометрических карбидов ниобия следующего фазового состава – от  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$  до  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$  + Nb<sub>2</sub>C. При плазменном осаждении синтезируется NbC. Твердость плазменных покрытий из NbC, нанесенных на твердый сплав без формирования подслоев, содержащих карбиды ниобия и вольфрама, в результате ионного воздействия достигает значений 36–40 ГПа (см. таблицу). Значительное увеличение твердости слоистых карбидных покрытий до 70 ГПа происходит в результате создания ионной бомбардировкой подслоя из карбидов ниобия. Предполагается, что мелкодисперсность кристаллитов синтезируемых карбидов ниобия и высокий уровень микронапряжений в них также является причиной полученных высоких значений твердости синтезированных покрытий.

Результаты адгезионных испытаний показали (см. таблицу), что критические нагрузки отслоения покрытий NbC, нанесенных на твердый сплав без формирования подслоев, не превышают 60 Н; для «классического» TiN это значение не превышает 80 Н. Для покрытий NbC с созданными подслоями на основе  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$  полного отслоения покрытия при максимальной нагрузке адгезионных испытаний в 150 Н не наблюдается, происходит только начальное отслоение маленьких участков покрытия, которые едва различимы в оптический микроскоп и которые указаны в таблице. Как следует из данных таблицы, наименьший объемный износ и лучшая эксплуатационная

стойкость при резании ламинированных деревостружечных плит характерны для фрезерного инструмента с покрытиями NbC, имеющими подслои из  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$ , а также инструмент с покрытиями, сформированными только ионной бомбардировкой в режиме I2.

## *Выводы*

Установлено, что увеличение времени ионной бомбардировки твердого сплава ниобием с энергией 1 кэВ с 1 до 2, 3 минут позволяет создать слой с толщиной до 0,8 мкм на основе карбида  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$  с твердостью до 50 ГПа. Последующее плазменное осаждение ниобия в среде метана при потенциале смещения 200 В на этот слой создает покрытие из NbC. Твердость этих слоистых покрытий на основе карбидов ниобия и вольфрама достигает значений до 70 ГПа. Определено, что наименьший объемный износ и лучшая эксплуатационная стойкость при резании ламинированных деревостружечных плит характерны для фрезерного инструмента с покрытиями NbC, имеющими подслои из  $(\text{Nb}_{0,8}\text{W}_{0,2})\text{C}_{0,7}$ , а также инструмента с покрытиями, сформированными только ионной бомбардировкой в течение не более 2 минут.

## **Библиографический список**

1. Advanced characterization methods for wear resistant hard coatings: a review on recent progress / M. Tkadletz, N. Schalk, R. Daniel, J. Keckes, C. Czettl, C. Mitterer // Surface and Coatings Technology. 2016. V. 285. Pp. 31–46.
2. Rafael A.M., Christopher A. Schuha Tool steel coatings based on niobium carbide and carbonitride compounds // Surface and Coatings Technology. 2016. V. 285. Pp. 31–46.
3. JCPDS Data Cards, 72-0097 / International Center of Diffraction Data. Swarthmore: PA, 1997.
4. Курлов А.С., Гусев А.И. Учет нестехиометрии карбида ниобия NbC<sub>y</sub> при размоле до нанокристаллического состояния // Физика твердого тела. Т. 55. 2013. Вып. 12. С. 2 398–2 405.

**УДК 674.07**

**В.С. Паскарь, О.А. Рублева, Н.А. Тарбеева**

(V.S. Paskar', O.A. Rubleva, N.A. Tarbeeva)

(ВятГУ, г. Киров, РФ)

E-mail для связи с авторами: ru\_olga\_ru@mail.ru

## **ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ПЛОСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ФАСАДОВ ИЗДЕЛИЙ**

### **ADVANTAGES OF TECHNOLOGIES FOR CREATION OF PLANE IMAGES FOR DECORATION OF FACADE SURFACES**

*В статье рассмотрены современные подходы к способам декорирования деталей из древесных материалов за счет нанесения плоских изображений на фасадные поверхности изделий. Проведен сравнительный анализ древесных материалов с точки зрения возможностей их отделки. Выявлено, что известные способы отделки фасадных поверхностей древесных материалов применимы на практике, но требуют обоснования их применения.*



*The paper considers modern approaches to the methods of decorating details from wood materials, by applying flat images on the façade surfaces of products. A comparative analysis of wood materials has been carried out in terms of the possibilities for their finishing. It is revealed that the methods of finishing the facade surfaces of wood materials are known, tested, are possible for implementation, but require a scientific justification.*

В современных условиях широкого разнообразия продукции на рынке производители мебели поставлены перед необходимостью использовать различные дизайнерские подходы к декорированию фасадов изделий. Для повышения художественной ценности фасадных поверхностей изделий применяются все новые и интересные виды декорирования, которые требуют детального изучения с точки зрения возможности их использования в технологии отделки современных древесных материалов.

Для повышения художественной ценности и прочности древесные материалы подвергают декоративной обработке. Существует множество способов декорирования фасадных поверхностей – за счет создания рельефных и плоских изображений, мозаики, окраски и росписи, облицовки материалами и т. п. [1]. Таким образом, декорирование может производиться по рельефной либо по плоской поверхности.

Создание рельефных изображений предполагает упрессовку или удаление излишнего материала. Следовательно, в таких способах будут задействованы процессы механической обработки древесины [2]. Технология мозаики также предполагает применение процессов резания, что приводит к усложнению процесса декорирования.

Создание плоских изображений при помощи облицовывания, окраски и росписи позволяет получать художественный эффект за счет меньшего количества технологических этапов [3].

Целью данного исследования является анализ способов создания изображений и свойств современных древесных материалов с точки зрения их пригодности в качестве основы для декорирования фасадных поверхностей изделий.

Ниже перечислены способы создания плоских изображений.

*Облицовка шпоном, бумагой, пропитанной смолами или синтетическими пленками* [3]. Такие способы применяются для имитации ценных пород дерева высокого качества на древесных плитах. Минусом является ограничение в выборе цветовой гаммы, рисунка, долговечность покрытия.

*Нанесение цветного изображения на поверхность при помощи цифровой печати* (на панелях MDF, HDF или древесно-стружечной плиты) [4]. К плюсам такого способа можно отнести индивидуализацию изображений. Однако имеются ограничения по площади наносимого рисунка, затруднения при использовании некоторых цветов краски, связанные с особенностями печатного барабана, а также ограничения по выбору материалов и т. д. На рисунке 1 представлен пример нанесения цветного изображения на поверхность изделия из древесины при помощи цифровой печати.

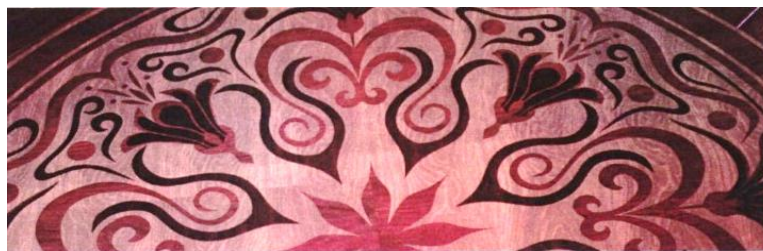


Рис. 1. Цветное изображение, нанесенное при помощи цифровой печати

*Нанесение росписи на полированную поверхность (поверхность изначально шлифуется, а затем грунтуется темперной краской, после чего наносится роспись)* [5]. Окраска и роспись – относительно простые, недорогие по себестоимости и оригинальные варианты декорирования. Они имеют множество вариаций, составляемых каждым мастером самостоятельно при учете формы поверхности, для которой и создается орнамент. К минусам данного способа можно отнести зависимость качества отделки от профессиональных умений мастера, который должен владеть традиционными приемами кистевой росписи. На рисунке 2 показан фасад шкафа, отделанного городецкой росписью.

*Нанесение рисунков на изделия способом декалькомании – путем перевода с кальки на поверхность декорируемого изделия или горячей напрессовкой отпечатанного на бумаге рисунка* [6]. К минусам способа относятся сложная предварительная подготовка поверхности к нанесению рисунка, ограничение ассортимента, однотипность изображений, высокая стоимость оборудования и т. п.

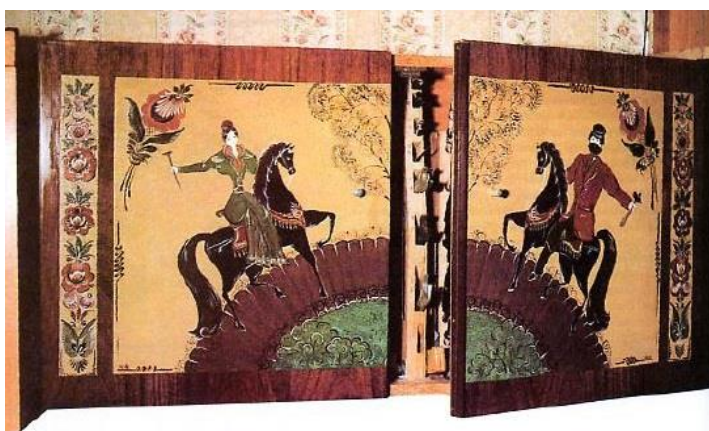


Рис. 2. Шкаф с городецкой росписью

*Нанесение рисунков в технике декупажа, когда печатный рисунок на тонкой бумажной основе наклеивается на специально подготовленную поверхность изделия или детали.* Простой, не требующий специальных навыков способ нанесения цветных изображений. Изделия, выполненные данным способом, склонны к выцветанию, не терпят механических воздействий, неустойчивы к влаге; используемые материалы дорогостоящи.

В таблице представлены анализ свойств древесных плит, используемых в производстве мебели, с точки зрения возможностей декорирования, в частности, нанесения цветных изображений и росписи.

#### Преимущества и недостатки поверхностей древесных плит для создания декоративных изображений

Название	Состав	Разновидности	Минусы	Плюсы
ДСтП	Древесные частицы (опилки, технологическая щепка);	Облицованные	Низкая адгезия; скатывание краски; необходимость дополнительной подготовки	—
		Необлицованные	Экологически небезопасны; посторонние включения на пласти;	—

Окончание табл.

Наз-вание	Состав	Разновидности	Минусы	Плюсы
	термоактивные смолы (горячее прессование)	ные	высокая шероховатость; неравномерное наложение слоев краски; высокая впитываемость; необходимость дополнительной подготовки	—
		Нешлифованные		
		Шлифованные	Экологически небезопасны; посторонние включения на пласти; неравномерное наложение слоев краски; высокая впитываемость; необходимость дополнительной подготовки	—
ДВП	Измельченные древесные волокна; связующие (горячее прессование)	Ламинированная	Посторонние включения на пласти; низкая адгезия; скатывание краски; необходимость дополнительной подготовки	—
		Неламинированная	Разнотонность в окраске; посторонние включения на пласти; высокая впитываемость	Высокая адгезия; ровное наложение слоев краски
МДФ (MDF)	Древесная стружка мелких фракций; (вакуумное прессование)	Облицованная	Разнотонность в окраске; посторонние включения на пласти; низкая адгезия; скатывание краски; необходимость дополнительной подготовки	—
		Необлицованная	Разнотонность в окраске; посторонние включения на пласти	Хорошая адгезия; равномерное наложение слоев краски
ХДФ (HDF)	Измельченные древесные волокна (хвойных пород); вода	Шлифованные	Разнотонность в окраске; посторонние включения на пласти	Хорошая адгезия; равномерное наложение слоев краски
		Декорированные		

Анализ информации, приведенной в таблице, показывает, что не все поверхности идеально подходят для создания декоративных изображений. Вместе с тем нанесение плоских изображений, в том числе росписи, на фасадные поверхности возможно, но требует дополнительной подготовки.

Существуют типовые этапы подготовки поверхности к отделке [3]. Они напрямую зависят, прежде всего, от качества верхнего слоя фасадной поверхности. Если лицевая поверхность гладкая, то этапов подготовки будет немного: необходимо перед росписью нанести несколько слоев грунтовочных составов. При высокой шероховатости поверхности нужно провести подготовку в несколько этапов: шлифование шкурками,

шпатлевание трещин и вырывов волокон, удаление ворса, а затем (в качестве завершающего этапа) – грунтование специальными составами либо акриловой или синтетической краской.

Известен еще один способ получения деталей сложной конфигурации из измельченной древесины методом прессования [2]. При этом происходит процесс склеивания древесной массы в пресс-формах и получение готовой детали. Процесс может быть построен таким образом, что одновременно с прессованием осуществляется облицовывание или художественная отделка поверхности. При использовании данной технологии возможно получение криволинейных заготовок и элементов, которые впоследствии подвергаются механической обработке: фрезерованию, прессованию, раскрою. Кроме того, данная технология применима для производства малоразмерных и декоративных изделий [7] (рис. 3).



Рис. 3. Изделия из древесно-клеевой массы с петраковской росписью

Сейчас эта уникальная и эффективная технология производства декоративных деталей из древесной массы путем прессования утеряна, поэтому требуются дополнительные исследования с целью возобновления и совершенствования данной технологии производства подобных изделий и создания иных способов ее применения в современном производственном процессе.

Таким образом, анализ, проведенный в работе, показал, что существуют эффективные способы нанесения плоских изображений на поверхность изделий на основе древесины, в том числе различные виды росписи, однако данный способ декорирования требует применения определенных материалов в качестве основы, а также тщательной подготовки поверхности, обоснованной с теоретической и практической точек зрения.

## Библиографический список

1. Деньгин А.В., Рублева О.А. Способы получения рельефа на поверхности деревянных заготовок // Общество. Наука. Инновации (НПК-2016): мат-лы Всероссийск. ежегод. науч.-практич. конф.: НПК-2016, 18–29 апреля 2016 г. С. 1312.
2. Гончаров Н.А., Брашинский В.Ю., Буглай Б.М. Технология изделий из древесины: учебник [для вузов]. 2-е изд., испр. и дополн. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 528 с.
3. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: учебник [для вузов]. М.: МГУЛ, 2003.
4. Панель с декоративным слоем и способ печати на панелях. Патент РФ № 2014151225, В44С 5/04.
5. Величко Н. Роспись: техники, приемы, изделия. Энциклопедия. М.: АСТ-пресс, 1999.
6. Способ нанесения цветного изображения на древесный материал. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2318675> (дата обращения: 08.01.2018).
7. Орлова Ю.Д. Отделка изделий из древесины. М.: Высшая школа, 1968.

УДК 658.562.4+674-413

**О.А. Рублева, Н.А. Тарбеева, В.С. Паскарь**

(O.A. Rubleva, N.A. Tarbeeva, V.S. Paskar')

(ВятГУ, г. Киров, РФ)

E-mail для связи с авторами: ru\_olga\_ru@mail.ru

**ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА  
ДЕКОРАТИВНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ  
НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ**

**ESTIMATION OF THE QUALITY LEVEL OF DECORATIVE  
FINISHING WOOD MATERIALS AT THE STAGE OF PRODUCT DESIGN**

*В рамках системного подхода к качеству продукции оценка уровня ее качества осуществляется на каждом этапе жизненного цикла. Цель оценки предопределяет особенности выбора оцениваемых показателей и методики расчета коэффициента качества. В работе представлена методика определения уровня качества декоративных отделочных материалов из массивной древесины на этапе проектирования смешанным методом.*

*Within the framework of the system approach to product quality, estimation of its quality level is carried out at every stage of life cycle. Purpose of estimation determines the choice of quality indicators and calculation methods of quality coefficient. Technique of determining the quality level of decorative finishing wood materials using a mixed method at the product design stage are offered in the article.*

В современных условиях рыночной экономики качество производимой продукции является одной из важнейших составляющих эффективной и рентабельной работы предприятия. Для обеспечения высокого уровня качества выпускаемых товаров необходимо предусматривать системный подход к качеству на всех этапах жизненного цикла продукции, начиная с анализа требований потребителей. Работы по проектированию нового вида продукции должны проводиться только с учетом запросов и пожеланий потенциальных покупателей. Установлено, что около 70 % уровня качества продукции закладывается на этапе разработки конструкции и технологии изготовления [1].

При проектировании декоративных отделочных материалов из массивной древесины для обшивки стен, помимо предпочтений и пожеланий потенциальных потребителей, необходимо учитывать требования стандартов, регламентирующих требования к качеству, в том числе требования безопасности строительных и отделочных материалов из древесины.

Для оценки уровня качества на начальном этапе необходимо ознакомиться с существующей совокупностью показателей качества проектируемой продукции – развернутой номенклатурой. В связи с отсутствием в серии строительных стандартов (в ГОСТе 4.200-78, ГОСТе 4.252-84 «СПКП. Строительство» [2]) типовой номенклатуры показателей качества продукции из массивной древесины для отделки стен она формируется аналогично структуре указанных стандартов. В основе лежит принцип классификации всех показателей качества на группы.

ГОСТ 4.200-78 «Система показателей качества продукции (СПКП). Строительство. Основные положения» [3] выделяет основные группы показателей качества строительных и отделочных материалов. Для составления развернутой номенклатуры показателей качества декоративных отделочных материалов за основу выбраны стандарты:

1) ГОСТ 4.223-83 «Система показателей качества продукции. Строительство. Изделия паркетные. Номенклатура показателей» [4];

2) ГОСТ 4.226-83 «Система показателей качества продукции. Строительство. Окна, двери и ворота деревянные. Номенклатура показателей» [5];

3) ГОСТ 4.210-79 «Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы керамические отделочные и облицовочные. Номенклатура показателей» [6];

4) ГОСТ 4.207-79 «Система показателей качества продукции. Строительство. Плиты древесно-волоконистые. Номенклатура показателей» [7].

Часть развернутой номенклатуры показателей качества представлена в таблице 1.

Таблица 1

Выдержка из развернутой номенклатуры показателей качества технического уровня декоративных отделочных материалов из древесины

Наименование показателей качества			Обозначение	Единицы измерения
Комплексные	Групповые	Единичные		
Технический уровень	Показатели уровня исполнения	Отклонения от номинальных размеров деталей, сборочных единиц, изделий: номинальных размеров зазоров плоскостности перпендикулярности	$\Delta$ — —	мм % %
		Шероховатость поверхности	$R_{z\max}$	мкм
		Влажность древесины деталей	$W$	%
		Нормы ограничения пороков древесины	—	—
		Заводская готовность (комплектность)	$G_z$	—
	Показатели технологичности	Материалоемкость древесины	$m$	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
		Трудоемкость изготовления	$t$	чел · ч/м <sup>2</sup>
		Энергоемкость изготовления	$l$	кВт/м <sup>2</sup>
		Коэффициент унификации	$K_y$	Доли единицы
		Коэффициент сборности изделия	$K_{сб}$	Доли единицы
		Степень механизации и автоматизации производства	—	%
		Коэффициент сложности монтажа	—	—
	Показатели эргономичности	Суммарный показатель опасности выделяющихся химических веществ	$\sigma_m$	мг/м <sup>3</sup>
		Удельное объемное или поверхностное электрическое сопротивление		Ом · см
		Устойчивость к загрязнению	—	—
		Коэффициент сложности ухода за изделием	—	—
	Эстетические свойства	Внешний вид изделия (цвет, фактура)	—	балл
		Архитектурная выразительность	—	балл
		Дефекты внешнего вида (сколы, щербины, зазубрины)	—	шт (или мм)

Полная развернутая номенклатура показателей качеств включает в себя более 50 различных показателей, классифицированных в 4 комплексные группы: технический



уровень, показатели стабильности качества, показатели экономической эффективности и показатели конкурентоспособности.

Наиболее весомыми для проектировщика являются показатели качества, составляющие технический уровень. Они в свою очередь подразделяются на 8 подгрупп. Самой объемной является подгруппа, характеризующая показатели назначения, включающая такие показатели, как твердость, коэффициенты звукопоглощения и теплопередачи, пожароопасность, порода древесины и другие.

В целом, характеризуя показатели технического уровня, можно сказать, что большинство из них важны как со стороны производителя, так и со стороны потребителя. Некоторые из них имеют ограничения в нормативных документах.

Данные приведенной выше таблицы свидетельствуют, что основное внимание в отношении качества продукции направлено на потребителя. Вместе с тем, не менее важными являются и производственные показатели обеспечения качества. Так, например, если показатели внешнего вида в основном ориентированы на потребителя, то показатели технологичности дают оценку технологической рациональности производства.

Для оценки качества продукции на этапе проектирования нет необходимости контролировать каждый из показателей, составляющих развернутую номенклатуру.

Выбор небольшого количества оцениваемых параметров должен соответствовать назначению оценки качества продукции. В связи с этим для контроля качества декоративных отделочных материалов для внутренней обшивки стен на этапе проекторочных работ выбраны следующие наиболее важные показатели:

- 1) твердость;
- 2) стабильность линейных размеров (усадки/разбухания);
- 3) коэффициент звукопоглощения;
- 4) коэффициент теплопроводности;
- 5) точность изготовления;
- 6) эстетичность;
- 7) пожароопасность;
- 8) удельная масса;
- 9) удельная себестоимость изделия.

Оценка уровня качества продукции может осуществляться дифференциальным, комплексным или смешанным методами [8]. Каждый из них предполагает сравнение значений показателей качества с базовыми значениями. При значительном количестве оцениваемых показателей дифференциальный метод не позволяет дать объективной оценки уровня качества исследуемого объекта. Комплексный метод, учитывающий коэффициенты весомости единичных показателей, дает более достоверный результат. Смешанный метод оценки уровня качества продукции основан на совместном применении единичных и групповых показателей и применяется в случаях наличия большого количества единичных показателей, когда анализ значений каждого показателя дифференциальным методом не позволяет получить однозначных выводов, а также когда комплексный показатель качества недостаточно полно учитывает все существующие свойства продукции [9].

Для оценки уровня качества декоративных отделочных материалов смешанным методом к групповым показателям можно отнести пожароопасность, точность изготовления и эстетические показатели.

Согласно гл. 3 ст. 13 ФЗ от 22 июля 2008 № 123-ФЗ [10] пожарная опасность строительных материалов определяется такими свойствами, как горючесть, воспламеняемость, способность распространения пламени по поверхности, дымообразующая способность и токсичность продуктов горения. Сравнивая каждый единичный

показатель с базовым значением, рассчитывают коэффициент, комплексно характеризующий пожаробезопасность проектируемой продукции. В качестве базовых показателей для сравнения пожаробезопасности взяты значения, характерные для облицовочных ламинированных панелей из МДФ (древесно-волоконистых плит средней плотности). Номинальные значения установлены согласно ст. 134 вышеуказанного закона и соответствуют классу пожарной опасности КМ4. Все показатели являются ограниченными, негативными.

В таблице 2 приведен расчет показателя пожаробезопасности, где  $P_{i\text{пр}}$  – предельные (максимальные/минимальные) числовые значения  $i$ -го показателя качества,  $P_{i\text{баз}}$  и  $P_{i\text{оц}}$  – числовые значения базового и оцениваемого образцов соответственно,  $K_i$  – коэффициент качества по каждому отдельному показателю,  $M_i$  – весовость показателя.

Таблица 2

Расчет показателя пожароопасности  
декоративного отделочного материала из древесины

Единичный показатель	Значения параметров					$\frac{P_{i\text{баз}} - P_{i\text{пр}}}{P_{i\text{оц}} - P_{i\text{пр}}}$	$M_i$	$K_i M_i$
	Минимальные	Максимальные	Номинальные	Базовые	Оцениваемые			
Горючесть	Г1	Г4	Г2	Г4	Г4	1	0,227	0,227
Воспламеняемость	В1	В3	В2	В2	В3	0,66	0,149	0,0983
Способность распространения пламени по поверхности	РП1	РП4	РП2	РП4	РП3	0,75	0,170	0,1275
Дымообразующая способность	Д1	Д3	Д3	Д3	Д3	1	0,227	0,227
Токсичность продуктов горения	Т1	Т4	Т3	Т3	Т3	1	0,227	0,227
Итого (сумма)						4,41	1	0,9068

Результаты расчета комплексного показателя свидетельствуют о том, что пожарная безопасность проектируемого отделочного материала уступает пожарной безопасности ламинированных панелей МДФ. Следовательно, для улучшения качества деталей из массивной древесины необходимо применять пропитку антипиренами.

Групповой показатель «точность изготовления» разработан на основании рекомендаций ГОСТ 4.223-83 и включает показатели подгруппы, характеризующие уровень исполнения: отклонения от номинальных размеров деталей, плоскостности, перпендикулярности, влажность древесины, нормы ограничения пороков, заводская готовность (комплектность).

На стадии проектирования определить действительные значения коэффициента, характеризующего уровень качества по данным параметрам невозможно, так как требуются опытные испытания с выполнением измерений размеров готового изделия. Однако назначение допусков размеров и формы, ограничение пороков древесины в готовом изделии и определение комплектности изделия входит в задачи работы конструктора и не может оставаться без внимания на этапе разработки. ГОСТ 8242-88 [11] регламентирует предельные значения вышеуказанных показателей. Групповой показатель эстетичность разложится на 7 единичных показателей: цвет, форма,



архитектурная выразительность, степень блеска, дефекты внешнего вида, цвето- и светоустойчивость, – которые не нормируются стандартами и определяются экспертным методом в баллах.

Методика расчета коэффициента качества, представленная в таблице 3, аналогична определению коэффициента пожароопасности. Отличие состоит лишь в том, что в данном случае все показатели являются позитивными, а за базовые приняты соответствующие показатели доски обшивочной.

Таблица 3

Расчет показателя эстетичности декоративного отделочного материала из древесины

Единичный показатель	Единицы измерения	Значения параметров					$\frac{P_{\text{баз}} - P_{\text{инр}}}{P_{\text{юц}} - P_{\text{инр}}}$	$M_i$	$K_i M_i$
		Минимальные	Максимальные	Номинальные	Базовые	Оцениваемые			
Цвет	Балл	1	10	6	5	8	1,4	0,178	0,249
Форма	Балл	1	10	6	8	8	1	0,127	0,127
Архитектурная выразительность	Балл	1	10	6	4	8	1,77	0,225	0,398
Степень блеска	Балл	1	10	6	7	7	1	0,127	0,127
Дефекты внешнего вида	Балл	1	10	6	8	6	0,82	0,105	0,086
Цветоустойчивость	Балл	1	10	6	8	8	1	0,127	0,127
Светоустойчивость	Балл	1	10	6	7	8	0,88	0,111	0,097
Итого (сумма)							7,87	1	1,211

Комплексный показатель качества внешнего вида отделочных материалов оказался больше 1, что говорит о более высоком качестве проектируемого отделочного материала по сравнению с доской обшивочной.

Определение коэффициентов качества оставшихся 7 единичных показателей дифференциальным методом не представляет затруднений в плане расчетов. Для получения численных значений необходимо проведение испытаний опытных образцов. Ввиду отсутствия ограничений по ним в стандартах, допустимые диапазоны следует выбирать по рекомендациям и ТУ на изготовление аналогичной продукции, где это указано. Конечный коэффициент качества представляет собой среднеарифметическое 10 значений коэффициентов качества.

Таким образом, определение уровня качества на этапе проектирования продукции позволяет аналитическим путем определить возможные недостатки нового вида продукции и вовремя принять меры по их устранению. Применению смешанного метода определения уровня качества дает возможность рассматривать большее число критериев с учетом их весомости, за счет чего обеспечивается более точный результат оценки.

### Библиографический список

1. Управление качеством на этапе проектирования продукции // Справочник по экономике. URL: <http://economy-gu.info/info/141342/> (дата обращения: 20.04.2018).
2. СПКП (ГОСТ 4) Система показателей качества продукции // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии «Российский научно-

технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия». URL: <http://www.standards.ru/collection.aspx?control=40&search=&sort=%20ASC&catalogid=temat-sbor&id=868067&page=4> (дата обращения: 6.05.2018).

3. ГОСТ 4.200-78. Система показателей качества продукции (СПКП). Строительство. Основные положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200013555> (дата обращения: 06.05.2018).

4. ГОСТ 4.223-83. Система показателей качества продукции. Строительство. Изделия паркетные. Номенклатура показателей. URL: <http://vsegost.com/Catalog/21/21459.shtml> (дата обращения: 07.05.2018).

5. ГОСТ 4.226-83. Система показателей качества продукции. Строительство. Окна, двери и ворота деревянные. Номенклатура показателей. URL: <http://vsegost.com/Catalog/29/29683.shtml> (дата обращения: 07.05.2018).

6. ГОСТ 4.210-79. Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы керамические отделочные и облицовочные. Номенклатура показателей. URL: <http://vsegost.com/Catalog/31/31594.shtml> (дата обращения: 07.05.2018).

7. ГОСТ 4.207-79. Система показателей качества продукции. Строительство. Плиты древесно-волоконные. Номенклатура показателей. URL: <http://vsegost.com/Catalog/24/24112.shtml> (дата обращения: 07.05.2018).

8. Рублева О.А. Оценка конкурентоспособности продукции деревопереработки // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XII Международн. евразийск. симпозиума, 19–22 сентября 2017 г. / под науч. ред. В.Г. Новоселова; Минобрнауки России, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Уральский лесной технопарк. Екатеринбург, 2017. С. 44–50.

9. Мишин В.М. Управление качеством: учебник [для студентов вузов]. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 463 с.

10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ: принят Госдумой 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/) (дата обращения: 10.05.2018).

11. ГОСТ 8242-88. Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. Технические условия. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9054225> (дата обращения: 11.05.2018).

**УДК 674.07**

**Д.А. Санникова, М.В. Газеев**

(D.A. Sannikova, M.V. Gazeev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: gazeev\_m@list.ru

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО КРАШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА**

### **THE OAK SURFACE DYEING TECHNOLOGY**

*С целью улучшить цвет древесины, «подчеркнуть» природный рисунок и повысить ее декоративность в целом применяют различные красящие составы, известные в быту как морилки. В работе сравниваются два метода крашения поверхности, позволяющие подчеркнуть естественную красоту пор дубовой древесины: технология с использованием патины и крашение смесевым красителем без патины.*

*The applying a variety of coating materials for artificial color change of wood is carried out to improving the decorative effect of wood. The article is centred on the intercomparison two types of oak surface dyeing technologies for underlining of natural oak pores: the technology using patina and the technology using mixture of dyes without patina.*

Выбор технологии формирования лакокрасочных покрытий в процессе отделки изделий из натуральной древесины имеет огромное значение. Для обеспечения требуемого качества отделки необходимо осуществлять выбор с учетом особенностей как самих материалов, так и анатомического строения древесины [1].

Одной из ценных и декоративных пород является дуб. Эта кольцесосудистая лиственная порода имеет красивую текстуру (рис. 1) за счет крупных сосудов в ранней зоне годичного слоя и светлых радиальных пламеневидных полосок, образованных мелкими сосудами и окружающей их паренхимой, в темной поздней древесине [2].



Рис. 1. Текстура дубовой древесины

Создание эффекта «подчеркивания пор» в разы повышает декоративные качества древесины дуба.

Целью данной работы было сравнение двух методов крашения с эффектом подчеркивания пор (с использованием патины и без нее).

Крашение с использованием патины включало в себя три стадии [3–5]:

1. Придание тона древесине с использованием раствора (1 : 5) концентрата Herberts Beizenkonzentrat P10 полусухим распылением.

2. Грунтование лаком НЦ-243.

3. Нанесение патины PAT.INV.NOCE 228 с последующим ее вытиранием.

Промежуточная стадия грунтования необходима, чтобы избежать взаимодействия непосредственно красителя и патины. В таком случае при вытирании излишек патины может стираться и сам краситель, что приведет к возникновению неравномерной окраски и снижению декоративности. Этот факт был экспериментально подтвержден в данной работе. Заготовки, на которые были нанесены материалы без стадии промежуточного грунтования, оказались менее декоративны (рис. 2, 3).

Что касается подчеркивания пор дуба без использования патины, это оказалась более простым и способствовало формированию наиболее декоративной окраски (рис. 5) [6]. Такое покрытие было сформировано избыточным распылением красителя KROMOROLLER с последующим его вытиранием ветошью. Необходимый эффект выделения пор был достигнут уже после первого слоя красителя (рис. 7). Нанесение второго слоя (рис. 6) способствовало более яркому проявлению пор, но в целом не сильно сказалось на внешнем виде заготовки.

Сравнение микрофотографий покрытий этих двух методов (рис. 4, 5) также доказывает преимущество трехстадийной технологии: в этом случае покрытие образуется более равномерным.

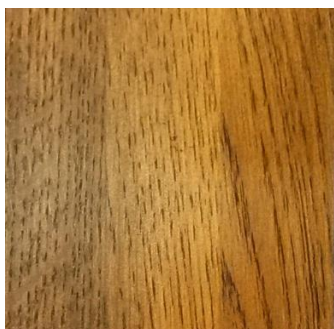


Рис. 2. Результат формирования лакокрасочного покрытия на щите из дуба при трехстадийном методе нанесения (краситель, лак, патина)



Рис. 3. Результат формирования лакокрасочного покрытия на щите из дуба при двухстадийном методе нанесения (краситель, патина)



Рис. 4. Результат формирования лакокрасочного покрытия на щите из дуба при трехстадийном методе нанесения (краситель, лак, патина) с увеличением 140х



Рис. 5. Результат формирования лакокрасочного покрытия на щите из дуба при двухстадийном методе нанесения (краситель, патина) с увеличением 140х



Рис. 6. Результат нанесения красителя KROMOROLLER (однослойное покрытие)



Рис. 7. Результат нанесения красителя KROMOROLLER (двуслойное покрытие)

Если говорить об экономическом аспекте, расход материалов при крашении без использования патины оказался несколько выше, чем при трехстадийной технологии, даже при однослойном нанесении (см. таблицу).

## Расход материалов для используемых технологий крашения

Технология	Материалы		
	Концентрат Herberts Beizenkonzentrat P10; расход (раствор 1:5): 1,67* г/м <sup>2</sup> ; стоимость: 1 084,3 руб./л [2]	Лак НЦ-243; расход (раствор 1:1): 13,61* г/м <sup>2</sup> ;	Патина PAT.INV.NOCE 228; расход (раствор 1:1): 7,41* г/м <sup>2</sup> ;
Крашение с использованием патины			

Окончание табл.

Технология	Материалы		
		стоимость: 136 руб./кг [3]	стоимость: 800 руб./л [4]
Крашение без использования патины	KROMOROLLER [5]; расход (раствор 1:1): 24 г/м <sup>2</sup> ; стоимость: 800 руб/л		

\*В работе не был учтен коэффициент переноса материалов при нанесении.

Этот факт можно объяснить большими потерями при вытирании излишков материала. Согласно стоимости исходных материалов, такое крашение получится несколько дороже, особенно если наносить несколько слоев. Однако этот недостаток в стоимости материалов компенсируется значительным сокращением технологического цикла процесса крашения, и как следствие снижается трудоемкость отделки (исключение грунтования и сушки сокращает временные и трудозатраты и делает отделку более эффективной и технологичной).

### Библиографический список

1. Газеев М.В. Формирование лакокрасочных покрытий на древесине с применением красящего состава на основе алкидных смол: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.21.05 / ФГБУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Екатеринбург, 2004. 20 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М.: Академия, 2006. 272 с.
3. Концентрат красителя P10. URL: <http://kraskinet.com.ua/shop/herlac/beizenkonzentrat-p10> (дата обращения: 13.03.2018).
4. Мебельный лак НЦ-243 непрозрачный / СК Химпром. URL: <https://kraska66.com/p57732273-mebelnyj-lak-nts.html> (дата обращения: 24.05.2018).
5. Verinlegno / СОМЭК ПЛЮС. URL: <http://www.somek.ru/download/VERINLEGNO.pdf> (дата обращения: 23.05.2018).
6. KROMOROLLER / АЛЬФАКОЛОР. URL: <http://alfacolor.net/content/kromoroller> (дата обращения: 24.05.2018).

УДК 634

**В.В. Чамеев<sup>1</sup>, В.В. Иванов<sup>1</sup>, В.В. Терентьев<sup>2</sup>**

(V.V. Chameev<sup>1</sup>, V.V. Ivanov<sup>1</sup>, V.V. Terentev<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

Е-mail для связи с авторами:

chameev47@yandex.ru, victor.82@mail.ru, terentevv@rambler.ru

### **АЛГОРИТМЫ И МАШИННЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ: КОМПОНЕНТ-ПРОГРАММА «СТАНОК»**

### **ALGORITHMS AND MACHINE PROGRAMS FOR INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WOODWORKING MACHINES: COMPONENT-PROGRAM «СТАНОК»**

*Обсуждаются блок-схемы алгоритмов функционирования станка лесобработывающего цеха. Результаты имитационного моделирования работы станка имеют*

*как самостоятельное значение, так и служат исходной информацией для моделирования всей станочной системы цеха.*

*In article discusses block diagrams of the algorithms for the functioning of the machine tool of the woodworking shop. Results of simulation machine are work as an independent value, and serve as source information for modeling the entire system of machine management.*

Существенное сокращение затрат времени и средств на подготовку статистической информации о работе станочного оборудования для моделирующего алгоритма (компонент-программы (КП) «ПОТОК» [1]) технологического процесса лесобработывающего цеха возможно созданием математической модели и алгоритма по определению параметров распиловки на станках лесобработывающих цехов. В основу моделирующего алгоритма положена математическая модель формирования длительности цикла для станочного оборудования. Моделирующий алгоритм и машинная программа созданы в двух вариантах.

В ЭВМ-программе Р82-1 [2] основными выходными данными при решении задачи являлись гистограммы значений случайных величин – длительность распиловки круглых лесоматериалов на лесопильных рамах, длительность циклового простоя, длительность между цикловыми простоями, а также производительность лесопильной рамы по сырью в штуках и метрах кубических (идеальная и цикловая).

Программа Р82-1 применялась как самостоятельно для решения технологических задач, так и совместно с программами по имитационному моделированию технологических процессов лесобработывающих цехов ГД-4 и Н01 (ранние варианты КП «ПОТОК»). В последнем варианте программа Р82-1 носит название КП «СТАНОК». Основное отличие КП «СТАНОК» от своей предшественницы Р82-1 состоит в том, что она способна имитировать целую гамму станков, применяемых в лесопилении, но она перестала определять цикловые простои станка. КП «СТАНОК» может являться самостоятельной программой для решения различных технологических задач, а также являться компонентой комплекс-программы «ЦЕХ» [3] для подготовки исходной статистической информации для моделирования технологических процессов по компонент-программе «ПОТОК». Ниже последовательно изложены алгоритмы программ Р82-1 и «СТАНОК».

*Программа Р82-1. Технологическая сущность задачи моделирования основных технологических показателей работы лесопильной рамы 1 ряда в лесобработывающем цехе*

Задача заключается в определении статистических оценок основных технологических показателей работы лесопильной рамы первого ряда (см. массив выходной информации), в зависимости от основных факторов, влияющих на показатели работы рамы (см. массив выходной оперативной информации), при помощи многократной реализации моделирующего алгоритма на ЭВМ, построенного на базе статистического описания элементов цикла лесопильной рамы (см. массив входной информации для длительного пользования).

Реализация моделирующего алгоритма на ЭВМ состоит в циклическом повторении имитации распиловки брёвен на лесопильной раме, определении в каждом цикле основных технологических показателей распиловки и дальнейшей статистической обработки их в конце моделирования.

*Описание информационных массивов*

Информация, используемая при реализации моделирующего алгоритма, объединена в следующие массивы.

1. Массивы входной оперативной информации:

- массив параметров сырья;
- массив характеристики поставка;
- массив параметров моделируемой рамы;
- массив параметров рамных пил;
- массив характеристики сезона распиловки;
- массив построения гистограмм частот распределений моделируемых случайных величин.

2. Массив входной информации для долговременного пользования.

3. Массив промежуточной информации.

4. Массив выходной информации.

В массив параметров сырья перед началом моделирования заносят статистические оценки толщины и длины сырья, породный состав: в массив характеристики поставка лесопильной рамы – тип поставка (чётный или нечётный) и запись поставка; в массив параметров моделируемой рамы – основные технические данные лесопильной рамы и впередирамных тележек (посылку максимальную и минимальную, частоту вращения коленвала, ход пильной рамки и т. п.). В массив параметров рамных пил заносят способ подготовки зубьев (развод или плющение) и ширину пропила. В массиве характеристики сезона распиловки указывают период распиловки (летний или зимний). В массив построения гистограмм записывают начало первых интервалов и величины интервалов.

В массиве входной информации для долговременного пользования хранятся статистические оценки, характеризующие длительность выполнения элементов цикла, типы вероятностных теоретических распределений случайных величин, различные коэффициенты и константы. Информация этого массива характеризует коротышовую раму *РК*. Переход к раме другой марки осуществляется при помощи информации, хранящейся в массиве для параметров моделируемой рамы.

Массив промежуточной информации в основном служит для справок, отладки программ, обнаружения ошибок в процессе моделирования. Может быть использован для стыковки с программой технологического процесса всего цеха. В этом массиве фиксируются после реализации параметры *i*-го бревна временные параметры, характеризующие процесс распиловки *i*-го бревна, системное время моделирования *T*.

Массив выходной информации включает сумматоры и те величины, которые выдаются на печать. К ним относятся частоты значений случайных величин (длительности распиловки, длительности циклового простоя, длительности между цикловыми простоями), вероятность простоя, коэффициент производительности, производительность цикловая и идеальная, штучная и объёмная и другие показатели.

#### *Алгоритм решения задачи*

Моделирующий алгоритм рассматривает функционирование лесопильной рамы в течение времени моделирования *T*. Для каждого *i*-го бревна в процессе моделирования на ЭВМ определяется текущее время начала пиления  $t_{н\ell}^i$ , продолжительность пиления  $t_{\ell}^i$ , текущее время конца пиления  $t_{к\ell}^i$ , продолжительность циклового простоя  $t_n^i$ , возникающего когда время выполнения вспомогательных операций с *i*-м бревном  $t_{\sigma}^i$  превышает время пиления свободного конца предыдущего бревна  $t_c^{i-1}$ .

Схематично работа лесопильной рамы, состоящая из поочерёдно повторяющихся во времени периодов непрерывной работы рамы и простоев  $t_n^i$  приведена на рисунке 1. В период работы рамы без межторцовых разрывов (рис. 1, б) текущее время начала пиления бревна, поступающего в раму,  $t_{н\ell}^i$ , будет равно текущему времени конца пиления предыдущего бревна  $t_{к\ell}^{i-1}$ . Текущее время конца пиления *i*-го бревна рассчитывается по формуле:

$$t_{к\ell}^i = t_{н\ell}^i + t_{\ell}^i,$$

где  $t_{\ell}^i$  – время пиления  $i$ -го бревна.

В случае когда появляются межторцовые разрывы продолжительностью  $t_n^i$  (см. рис. 1, *a*), текущее время начала пиления  $i$ -го бревна  $t_{нл}^i = t_{кл}^{i-1} + t_n^i$ , текущее время конца пиления  $t_{кл}^i = t_{нл}^i + t_l^i$ , текущее время начала  $i$ -го простоя  $t_{нп}^i = t_{кл}^{i-1}$ , текущее время конца  $i$ -го простоя  $t_{кп}^i = t_{нл}^i$ , время между смежными простоями  $t_{мп}^i = t_{кл}^{i-1} - t_{кп}^{i-1}$ .

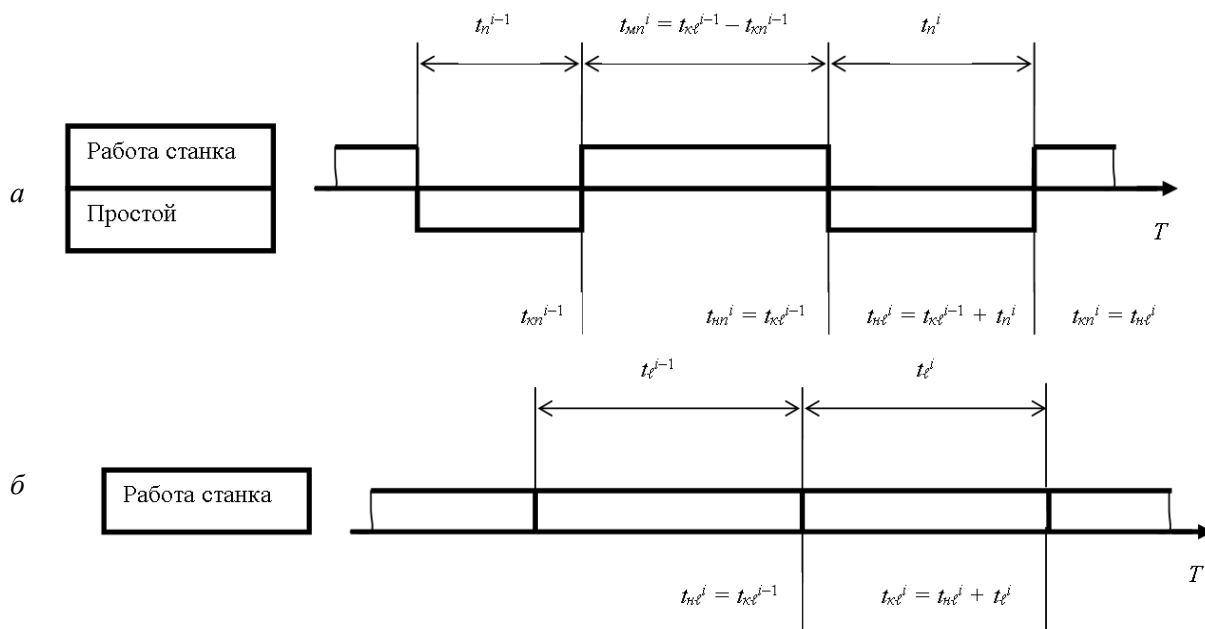


Рис. 1. Временная диаграмма функционирования лесопильной рамы по времени:  
*а* – с простоями; *б* – без простоев

На рисунке 2 представлена принципиальная схема моделирующего алгоритма по определению основных технологических показателей работы лесопильной рамы 1-го ряда в лесообрабатывающем цехе.

Для пояснения структуры рассматриваемого моделирующего алгоритма потребуются приведенные ниже операторы.

$\Pi_1$  – ввод исходных данных (см. описание информационных массивов).

$P_2$  – выполнение начальных условий: текущее время конца предшествующего циклового простоя  $t_{kn}^{i-1} = 0$ ; длительность пиления длины свободного конца  $i-1$  бревна  $t_c^{i-1} = 0$ ; текущее время конца пиления  $i-1$  бревна  $t_{kl}^{i-1} = 0$ .

$P_3$  – обнуление ячеек, отведённых под сумматоры (счётчики), и частоты распределений моделируемых случайных величин.

$\Phi_4$  – формирование случайных значений параметров для  $i$ -го бревна: толщины  $d_i$ , длины  $\ell_i$  породы  $Pl_i$ , объёма  $V_i$ , длины свободного конца бревна  $l_c^i$ , суммарной высоты пропилов  $\sum h_i$ . Толщина сырья  $d_i$  и его длина  $\ell_i$  формируются по статистикам (среднее значение и среднее квадратическое отклонение случайной величины  $d$ ) заданного теоретического вероятностного распределения датчиком случайных чисел; порода – по равномерному закону согласно заданному процентному соотношению пород в выборке.

Объем бревна  $V_i$  определяется по формуле интерпретирующей таблицы объемов круглых лесоматериалов по ГОСТу 2708-44.

Длина свободного конца бревна  $\ell_c^i$  определяется датчиком случайных чисел по нормальному распределению по статистикам (среднему и среднему квадратическому



отклонению), зависящим от длины  $i$ -го бревна. Суммарная высота пропилов  $\sum h_i$ , приходящихся на одно бревно, определяется по специально разработанной для этой цели подпрограмме.

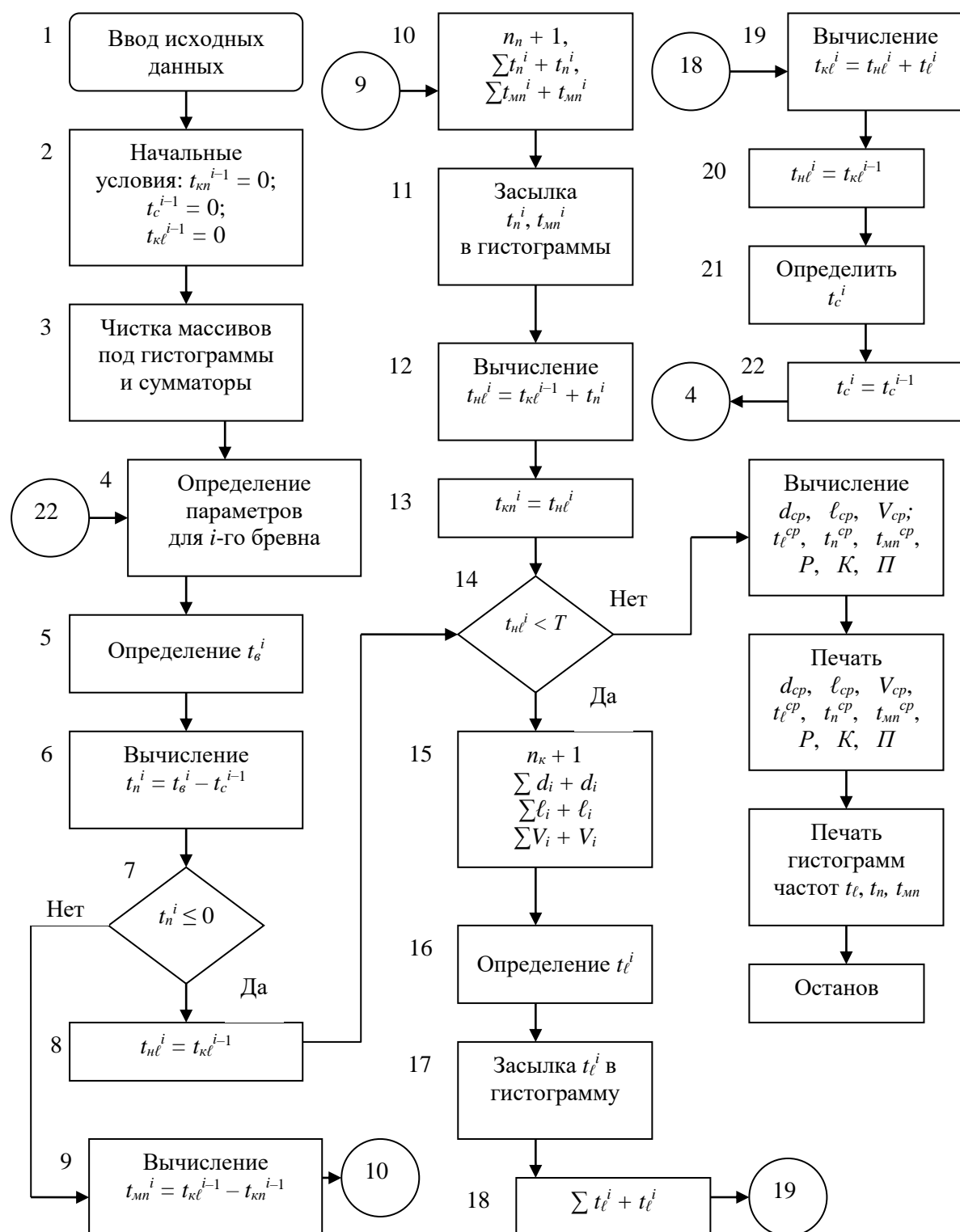


Рис. 2. Принципиальная схема моделирующего алгоритма программы P82-1

Полученные значения параметров  $i$ -го бревна запоминаются и используются в дальнейшем:

$\Phi_5$  – формирование случайного значения длительности выполнения вспомогательных операций с  $i$ -м бревном  $t_e^i$ . Как и в предыдущем случае, оператор  $\Phi_5$  объединяет целую группу операторов. Время выполнения вспомогательных операций состоит из следующей суммы слагаемых  $t_e^i = t_x^i + t_z^i + t_p^i + t_{zl}^i$ .

Параметры элементов цикла:

- длительность разжима бревна и холостого хода тележек  $t_x$ ,
- длительность выполнения операции по загрузке тележек бревном  $t_z$ ,
- длительность рабочего хода тележек  $t_p$ ,
- длительность загрузки рамы бревном  $t_{zl}$  определяется по соответствующим формулам, а генерация значений элементов цикла для  $i$ -го бревна – датчиком случайных чисел по заданным законам вероятностных теоретических распределений.

$A_6$  – вычисление продолжительности циклового простоя (для первой реализации  $t_{\kappa\ell}^{i-1} = 0$ ).

$P_7$  – проверка условия  $t_n^i \leq 0$  на наличие циклового простоя; определение текущего времени начала пиления очередного бревна для случая отсутствия циклового простоя между  $i$  и  $i-1$  брёвнами (для первой реализации  $t_{\kappa\ell}^{i-1} = 0$ ).

$A_9$  – вычисление времени между смежными цикловыми простоями (для первой реализации  $t_{\kappa\ell}^{i-1} = 0$ ).

$K_{10}$  – счётчик количества цикловых простоев  $n$ , сумматоры для подсчёта суммарного времени простоев  $\sum t_n^i$  и суммарного времени безпростойной работы рамы  $\sum t_{mn}^i$ .

$A_{11}$  – построение гистограмм частот распределений случайных величин – длительности циклового простоя и длительности безпростойной работы рамы.

$A_{12}$  – определение текущего времени начала пиления очередного бревна для случая, наступающего после окончания циклового простоя.

$A_{13}$  – определение нового значения текущего времени конца  $(i-1)$  простоя, необходимого для очередной реализации с  $i$ -м бревном.

$P_{14}$  – проверка условия на конец моделирования.

$K_{15}$  – счётчик количества распиленных брёвен; сумматоры для определения суммарной толщины распиленного сырья, суммарной длины и суммарного объёма.

$\Phi_{16}$  – формирование продолжительности пиления  $i$ -го бревна. Значение  $t_{\ell}^i$  определяется из произведения сомножителей  $t_m^i$  и  $\ell_i$ , где  $t_m^i$  – продолжительность пиления 1 метра длины бревна. Значение  $t_m^i$  формируется в зависимости от  $d_i$  по нормальному или по логнормальному закону зависит от породы. Параметры распределений функционально связаны с  $\sum h_i$ . Учёт сезона распиловки, способа подготовки зубьев учитывается при помощи вводимых коэффициентов.

Учёт типа моделируемой рамы производится при помощи коэффициентов, определяемых в процессе моделирования путём сравнения паспортных характеристик моделируемой рамы и рамы  $PK$ ;

$A_{17}$  – построение гистограммы частот распределения случайной величины – продолжительности пиления бревна;

$A_{18}$  – сумматор для определения времени чистой работы рамы;

$A_{19}$  – вычисление текущего времени конца пиления  $i$ -го бревна;

$A_{20}$  – определение нового значения  $t_{\kappa\ell}^{i-1}$ , необходимого для моделирования распиловки  $i + 1$  бревна;

$A_{21}$  – определение длительности пиления длины свободного конца бревна ( $t_c^i = t_m^i l_c^i$ );

$A_{22}$  – перенос значения  $t_c^i$  в ячейку для  $t_c^{i-1}$  (необходимо для очередной реализации с  $i + 1$  бревном);

$A_{23}$ ,  $Y_{24}$ ,  $Y_{25}$  – вычисление и печать моделируемых показателей работы рамы по известным формулам с использованием накопленных за время моделирования показаний счётчиков и сумматоров:

- средней толщины сырья  $d_{cp}$ ;
- средней длины сырья  $\ell_{cp}$ ;
- среднего объёма брёвен  $V_{cp}$ ;
- средней длительности распиловки брёвен  $t\ell_{cp}$ ;
- средней длительности циклового простоя  $t_n\ cp$ ;
- средней длительности между цикловыми простоями  $t_{mn}\ cp$ ;
- вероятности возникновения циклового простоя  $P$ ;
- коэффициента производительности  $K$ ;
- производительности идеальной и цикловой;
- печать гистограмм частот случайных величин  $t\ell$ ,  $t_n$ ,  $t_{mn}$ ;
- $Y_{26}$  – останов.

Работа моделирующего алгоритма протекает следующим образом. Операторы  $\Pi_1$ – $\Pi_3$  осуществляют ввод исходных данных и задают начальные условия для моделирования. Операторы  $\Phi_4$ – $A_6$  вычисляют продолжительность возможного циклового простоя  $t_n^i$ . В случае отсутствия циклового простоя между бревном распиливаемым и бревном готовящимся к распиловке, определяемых оператором  $P_7$ , управление передаётся оператору  $A_8$ , который назначает текущее время начала пиления  $i$ -го бревна равным концу пиления  $(i - 1)$  бревна и передаёт далее управление оператору  $P_{14}$ .

При наличии циклового простоя ( $t_n^i > t\ell^{i-1}$ ) управление от оператора  $P_7$  передаётся группе операторов  $A_9$ – $A_{13}$ . Существенным моментом в этой группе операторов является назначение текущего времени начала пиления  $i$ -го бревна с учётом продолжительности состоявшегося перед этим циклового простоя. После определения текущего времени возможности начать пиление  $i$ -го бревна (операторы  $A_8$  и  $A_{12}$ ) оператор  $P_{14}$  проверяет целесообразность этого. В случае если время моделирования не истекло, то бревно начинает распиливаться. Для этого оператор  $\Phi_{16}$  определяет продолжительность пиления, а оператор  $A_{19}$  – текущее время конца пиления  $i$ -го бревна. После распиловки  $i$ -го бревна станок приступает к распиловке  $i + 1$ . Для этого оператор  $A_{22}$  передаёт управление оператору  $\Phi_4$  для очередной реализации с  $i + 1$  бревном.

Перед переходом к очередной реализации операторы  $A_{13}$ ,  $A_{20}$ ,  $A_{22}$  предварительно обновляют текущие времена  $t_{kn}^{i-1}$ ,  $t_{kl}^{i-1}$  и продолжительность пиления длины свободно-го конца  $t_c^{i-1}$ . В течение каждой реализации, имитирующей раскрой  $i$ -го бревна, в счётчики и сумматоры посылается информация, необходимая в дальнейшем для вычисления в конце моделирования показателей работы рамы (операторы  $K_{10}$ ,  $A_{11}$ ,  $K_{15}$ ,  $A_{18}$ ).

Вернёмся к оператору  $P_{14}$ . В случае если время моделирования истекло, то управление передаётся к группе операторов  $A_{23}$ – $Y_{26}$ , вычисляющих показатели работы рамы за время моделирования, выводящих их на печать и останавливающих программу.

#### Компонент-программа «СТАНОК»

Компонент-программа «СТАНОК» составлена на основе математических моделей деления лесоматериалов на станках и математических моделей формирования длительностей циклов для станочного оборудования. Схема моделирующего алгоритма приведена на рисунке 3.

Основные входные данные (блок 1):

- объем моделирования сырья;
- толщина и длина сырья (среднее, СКО, минимальное и максимальное значения случайных величин, типы вероятностных распределений), породный состав;

- тип станка и его характеристика;
- постав;
- сезон работы;
- параметры для построения гистограмм.

После обнуления сумматоров (блок 2) программа генерирует для каждого  $i$ -го бревна породу, толщину  $d_i$ , длину  $\ell_i$ , определяет объем бревна  $V_i$ .

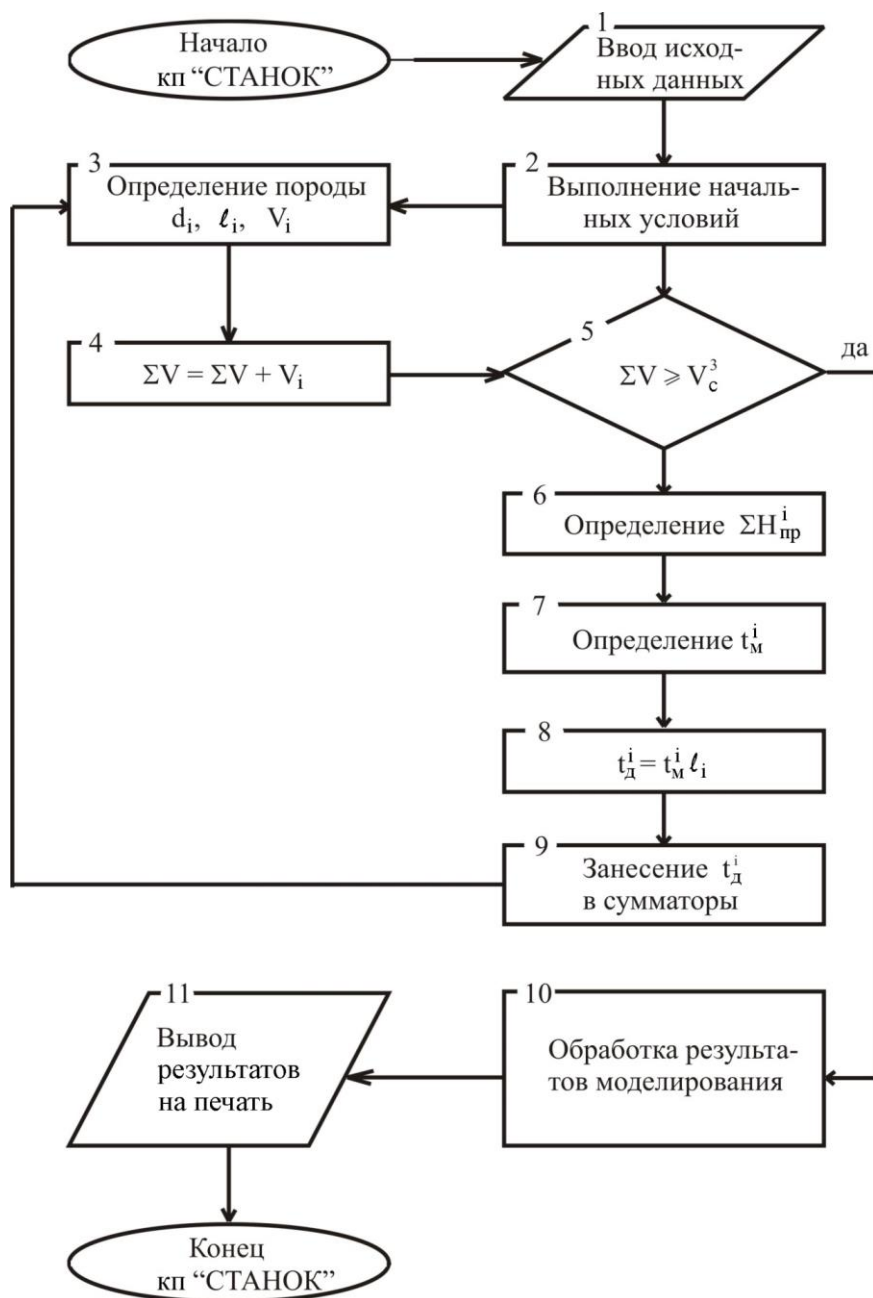


Рис. 3. Принципиальная схема компонент-программы «СТАНОК»

В блоке 5 происходит проверка на конец моделирования. При объеме смоделированного сырья  $\Sigma V$ , превышающего заданный объем  $V_c^3$ , управление передается на блоки 10, 11 для обработки результатов моделирования и выдачи их на печать.

При  $\Sigma V < V_c^3$  управление передаётся к блокам 6, 7, 8 для определения длительности деления  $i$ -го бревна на заданном станке. Полученное значение  $t_{di}$  заносится в соответствующую ячейку (блок 9).

Выходная информация выдается на печать в виде таблиц, содержащих частоты попаданий значений случайной величины  $t_d$  в заданные интервалы, а также средние значения и СКО величины  $t_d$ . Длительность циклового простоя в длительности цикла учитывается коэффициентом производительности  $K_n$ :

$$t_d = t_\ell K_n.$$

Численные значения  $K_n$  зависят от средней длины распиливаемых брёвен  $\ell_{cp}$ . По результатам исследования с помощью программы Р82-1 получена статистическая зависимость:

$$K_n = 1,0546 e^{-0,2061/\ell_{cp}}.$$

Программы Р82-1 и «СТАНОК» проверены на адекватность, применялись в НИР и в учебном процессе, могут использоваться бакалаврами, магистрантами и аспирантами при решении своих конкретных задач.

### Библиографический список

1. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: обобщённая схема компонент-программы «ПОТОК» / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, В.В. Терентьев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 87–92.
2. Исследование и разработка рекомендаций по повышению эффективной работы лесоперерабатывающих цехов на имитационной модели: отчет о НИР/УЛТИ № 24/81-1; рук. Н.В. Лившиц; исполн. В.В. Обвинцев, В.В. Чамеев и др.; № ГР 81101973; Инв. № 2825045307. Свердловск, 1981. 44 с.
3. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: архитектура комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, С.Б. Якимович, Ю.В. Ефимов, Г.Л. Васильев // Молодой учёный. 2015. № 10 (90). Ч. III. С. 357–360.

УДК 634

**В.В. Чамеев<sup>1</sup>, В.В. Иванов<sup>1</sup>, В.В. Терентьев<sup>2</sup>**

(V.V. Chameev<sup>1</sup>, V.V. Ivanov<sup>1</sup>, V.V. Terentev<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

Е-mail для связи с авторами:

chameev47@yandex.ru, victor.82@mail.ru, terentevv@rambler.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОМИНИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОЛОВНОГО СТАНКА ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА

### RESEARCH INFLUENCE OF DOMINANT FACTORS ON MAIN TECHNOLOGICAL FACTORS INDICATORS HEAD MACHINE FORESTRY SHOP

*На имитационной модели лесоперерабатывающего станка исследовано влияние толщины и длины круглых лесоматериалов на длительность распиловки брёвен, длительность циклового простоя и вероятность его появления, на коэффициент*

производительности, на часовую цикловую производительность. Исследования проведены для одноэтажной лесопильной рамы.

*The article forest processing machine simulation model to study the effect of thickness and length of the length of round timber sawing of logs, the duration and cyclic idle probability it arrives at the performance coefficient by the cyclic performance hour. Research carried out for the one-story frame sawing.*

Отличительной особенностью лесоперерабатывающих цехов является использование круглых лесоматериалов, обладающих большой вариацией своих размерно-качественных параметров, особенно по толщине и длине. Точный расчёт показателей головного станка в зависимости от размерно-качественной характеристики сырья позволит наиболее объективно рассчитать технологический поток и технико-экономические показатели работы цеха.

Ниже приводятся данные об исследовании влияния толщины и длины сырья на основные технологические показатели работы головного станка. В качестве головного станка взята коротышовая рама РК. Исследования проведены при помощи математической модели [1, 2], заложенной в основу программы P82-1 (предшественница компонент-программы «СТАНОК») [3].

На рисунках 1 и 2 представлены в графическом виде результаты исследования по влиянию средней толщины сырья  $d$  на среднюю длительность распиловки брёвен на раме  $t_{\ell}$ , на среднюю длительность циклового простоя  $t_n$  и вероятность его появления  $P$ , на коэффициент производительности  $K$  и на часовую цикловую производительность  $\Pi_{\text{ц}}$ . Пунктиром на рисунках определены показатели работы рамы для средней толщины сырья  $d = 22,7$  см, характерной для технологического потока по групповому раскрою сырья в Камышловском лесоперерабатывающем цехе.

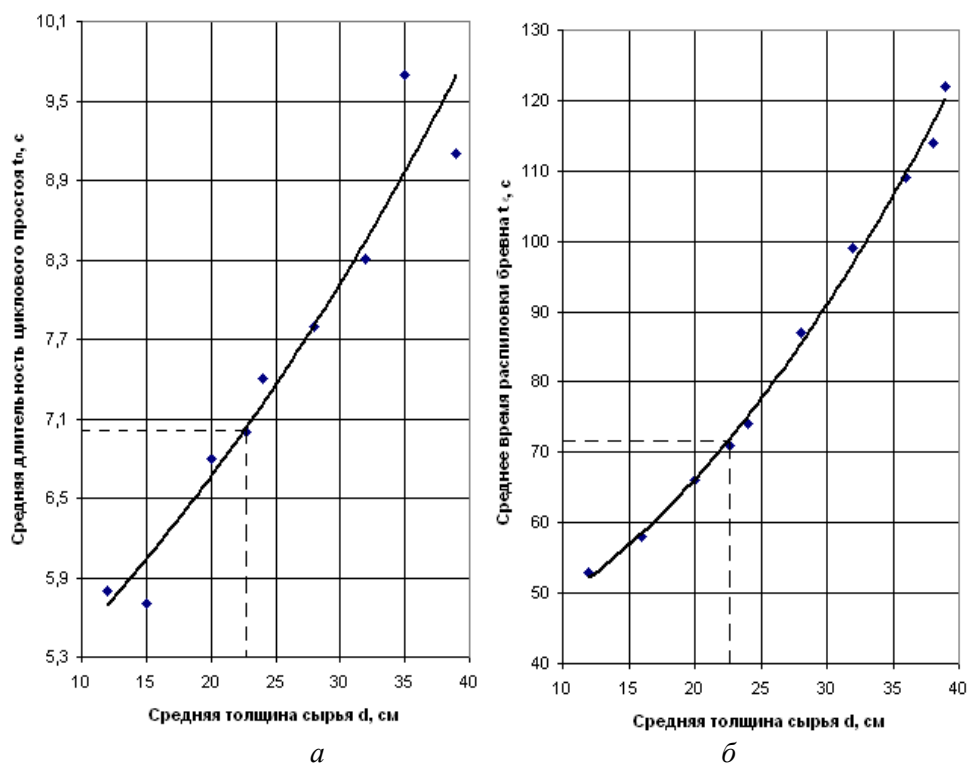


Рис. 1. Графики зависимости:

- $a$  – продолжительности циклового простоя  $t_n$  от средней толщины сырья  $d$ ;
- $б$  – длительности распиловки брёвен  $t_{\ell}$  от средней толщины сырья  $d$

Анализ полученных результатов моделирования по влиянию средней толщины сырья  $d$  на среднюю длительность распиловки брёвен  $t_{\ell}$  показывает, что зависимость  $t_{\ell} = f(d)$  нелинейная.

С ростом средней толщины брёвен  $d$  от 12 до 39 см длительность распиловки брёвен  $t_{\ell}$  возрастает от 53 до 122 с. Если же пользоваться расчётными формулами с использованием паспортных посылок, то для того же диапазона толщин сырья длительность распиловки брёвен будет колебаться от 35 до 70 с. Таким образом, традиционные методы расчёта дают заниженное время распиловки со всеми вытекающими отсюда последствиями. Для условий Камышловского лесопромышленного предприятия длительность распиловки брёвен  $t_{\ell}$  по результатам моделирования составляет 71 с (рис. 1, а).

Средняя продолжительность циклового простоя  $t_n$ , как показывают результаты статистического моделирования, с увеличением средней толщины распиливаемого сырья  $d$  в тех же пределах несущественно увеличивается с 5,9 с до 9,7 с (рис. 1, а), а вероятность возникновения циклового простоя  $P$  снижается с 0,25 до 0,09 (рис. 2, б). Последнее, очевидно, можно объяснить тем, что с увеличением средней толщины сырья время пиления свободного конца бревна растёт быстрее, чем длительность выполнения вспомогательных операций, и тем самым вероятность возникновения простоя снижается с увеличением толщины распиливаемых брёвен. Для коротышовой рамы  $PK$ , работающей в условиях Камышловского лесопромышленного предприятия, средняя длительность циклового простоя составляет 7 с, а вероятность его возникновения – 0,24.

Коэффициент производительности  $K$  с увеличением толщины распиливаемых брёвен, несмотря на значительное уменьшение с ростом  $d$  вероятности циклового простоя, увеличивается незначительно – всего на 0,02 (рис. 2, б), т. к. с ростом  $d$  происходит и одновременное увеличение длительности циклового простоя. Наиболее сильное влияние на коэффициент производительности, как будет показано ниже, оказывает длина распиливаемых брёвен. Для рамы  $PK$  в Камышловском цехе  $K = 0,978$ .

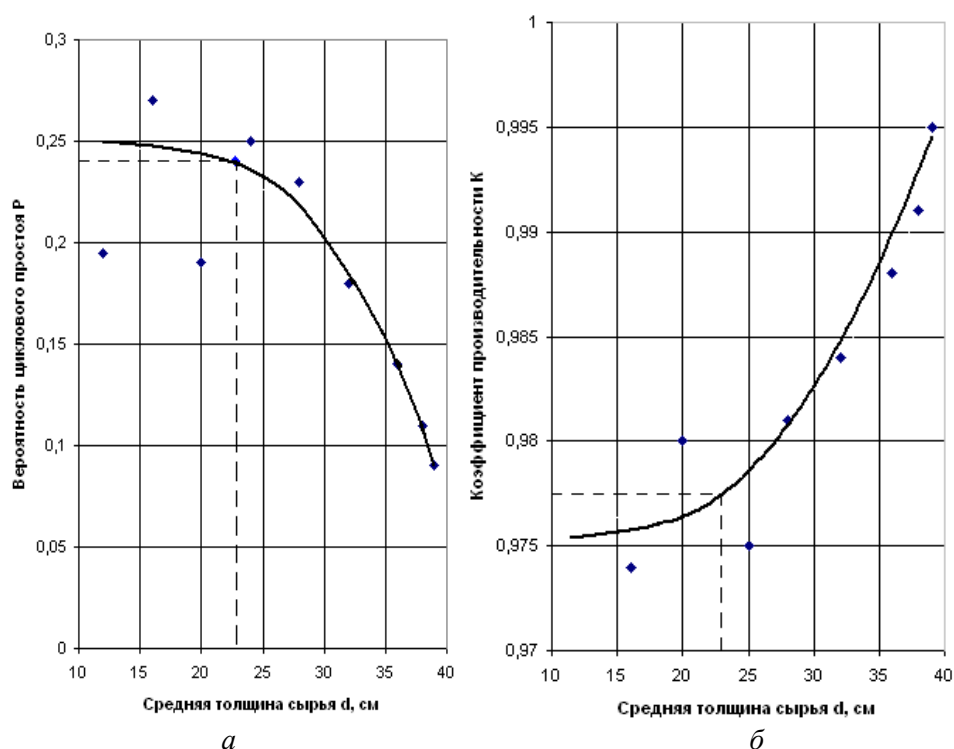


Рис. 2. Графики зависимостей:

а – вероятности циклового простоя  $P$  от средней толщины сырья  $d$ ;  
б – коэффициента производительности  $K$  от средней толщины сырья  $d$

Часовая производительность (цикловая и штучная) рамы  $PK$  с увеличением средней толщины распиливаемых брёвен в рассматриваемом диапазоне уменьшается с 75 до 29 брёвен, а объёмная увеличивается с  $2,4 \text{ м}^3$  до  $10,9 \text{ м}^3$  (рис. 3, а). Для условий Камышловского цеха цикловая производительность составляет  $6,3 \text{ м}^3$  в час. При увеличении (уменьшении) средней толщины распиливаемых брёвен на 1 см производительность рамы увеличивается (уменьшается) в среднем на  $0,31 \text{ м}^3$  в час.

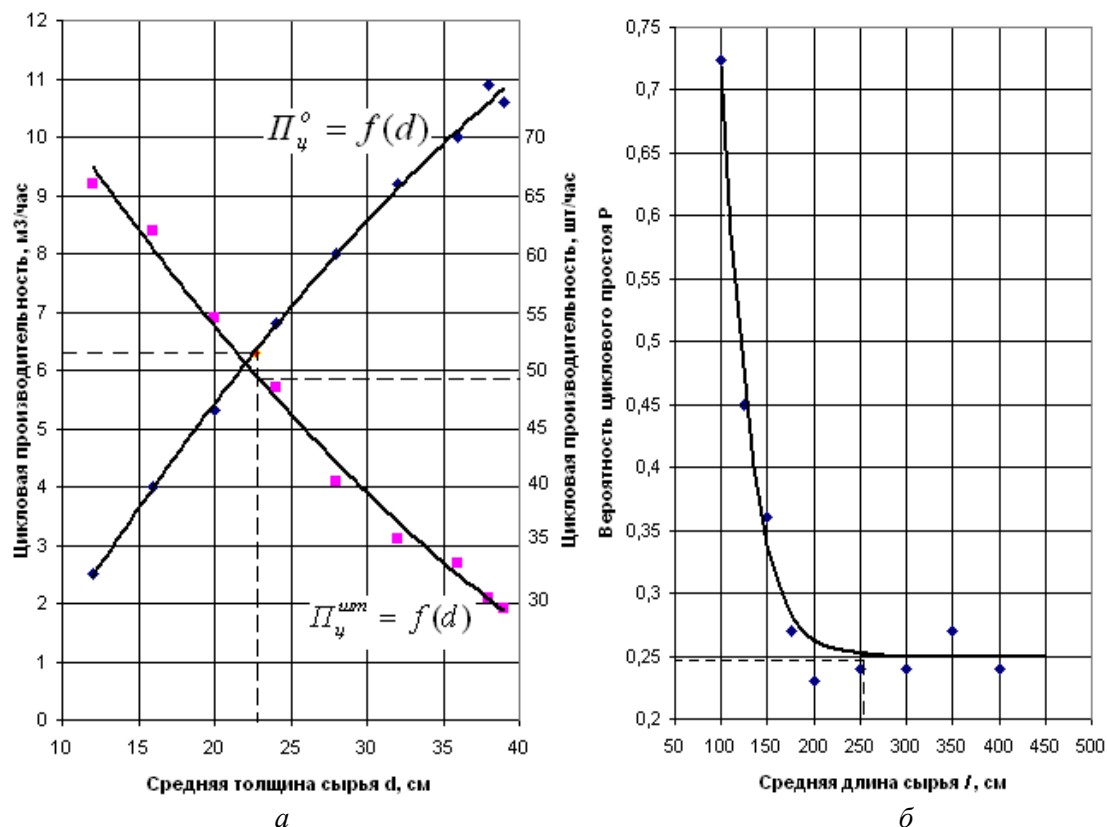


Рис. 3. Графики зависимости:

а – цикловой производительности от средней толщины сырья  $d$ ;  
 б – вероятности циклового простоя  $P$  от средней длины сырья  $l$

Таким образом, наиболее существенное влияние средняя толщина распиливаемого сырья оказывает на среднюю длительность его распиловки и, как следствие, на производительность. На показатели, характеризующие цикловые простои, толщина сырья влияет в меньшей степени.

На рисунках 3, б и 4 приведены результаты статистического моделирования по исследованию влияния средней длины распиливаемых брёвен  $l$  на вероятность возникновения циклового простоя  $P$ , коэффициент производительности  $K$  и на часовую цикловую производительность.

Вероятность появления циклового простоя  $P$  находится в тесной зависимости от средней длины распиливаемых брёвен  $l$  (рис. 3, б). При изменении средней длины брёвен от 100 см до 175 см происходит резкое уменьшение вероятности появления циклового простоя. Увеличение  $l$  от 250 см и выше на значение  $P$  не сказывается. Зона от 175 см до 250 см является переходной. Аналогичное явление наблюдается и с коэффициентом производительности (рис. 4, а). При увеличении средней длины распиливаемых брёвен от 100 см до 150 см коэффициент производительности резко возрастает от 0,8 до 0,95. Далее до 250 см идёт умеренная зона возрастания до 0,978.



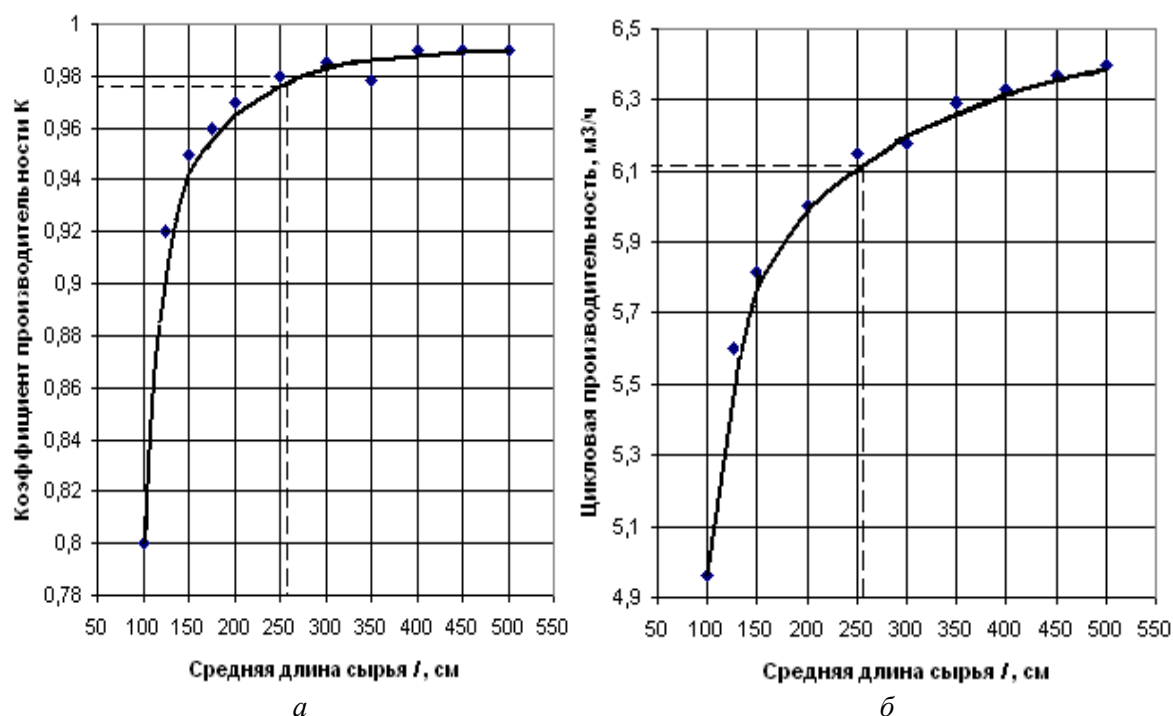


Рис. 4. Графики зависимостей:  
 а – коэффициента производительности  $K$  от средней длины сырья  $l$ ;  
 б – цикловой производительности от средней длины сырья  $l$

При дальнейшем увеличении средней длины распиливаемых брёвен коэффициент производительности практически не изменяется. Интересным выводом из проведённого исследования следует считать, что минимальная средняя длина распиливаемых брёвен должна быть не менее 150 см, обеспечивающая коэффициент производительности не менее 0,95. Длину брёвен  $l = 250$  см следует принять за наиболее целесообразную. В этом случае  $K = 0,978$ . В Камышловском цехе средняя длина распиливаемых на раме брёвен составляет 257 см.

На рисунке 4, б приведён график зависимости объёмной часовой цикловой производительности от средней длины распиливаемых брёвен. При увеличении средней длины брёвен со 100 до 500 см производительность изменится с 5 до 6,5 м³, что объясняется наличием зависимости длины свободного конца бревна от его длины. Для условий рассматриваемого цеха производительность составляет 6,1 м³. Увеличение средней длины распиливаемых брёвен на 1 м может дать прибавку к часовой цикловой производительности на 0,2 м³, на 2 м – на 0,4 м³.

Таким образом, наиболее сильное влияние на технологические показатели работы рамы средняя длина распиливаемых брёвен оказывает в диапазоне от 100 до 150 см. Аналогичные исследования проведены по компонент-программе «СТАНОК» комплекс-программы «ЦЕХ». Основные результаты приведены в статьях [4–7].

### Библиографический список

1. Математические модели формирования длительности цикла для станочного оборудования / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, А.А. Манаков // Молодой учёный. 2015. № 13 (93). Ч. I. С. 100–105.

2. Математические модели технологического процесса лесобработывающего цеха / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, С.Б. Якимович. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. 38 с.

3. Чамеев В.В., Иванов В.В. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесобработывающих цехов: компонент-программа «СТАНОК» // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXII века: труды XIII Международн. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новосёлова. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2018.

4. Чамеев В.В., Иванов В.В. Влияние параметров сырья на временные показатели работы станков при раскрое круглых лесоматериалов // Урал промышленный Урал поллярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сборник мат-лов Междунар. науч.-технич. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 244–247.

5. Планирование экспериментов на имитационных моделях комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, К.В. Ивачёва, Р.А. Уксусов, В.В. Терентьев // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 1 (44) / ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Екатеринбург, 2013. С. 104–107.

6. Факторные эксперименты на имитационных моделях / В.В. Чамеев, К.В. Ивачёва, Д.В. Останин, П.А. Дектярёв // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы IX Всерос. науч.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2013. Ч. 2. С. 39–41.

7. Чамеев В.В., Ефимов Ю.В., Усольцева Ю.И. Математическая модель, моделирующий алгоритм и результаты расчёта на имитационной модели влияния параметров сырья на временные показатели работы лесобработывающих станков // Молодой учёный. 2016. № 8 (112). Ч. III. С. 349–354.

УДК 634

**В.В. Чамеев<sup>1</sup>, В.В. Иванов<sup>1</sup>, В.В. Терентьев<sup>2</sup>**

(V.V. Chameev<sup>1</sup>, V.V. Ivanov<sup>1</sup>, V.V. Terent'ev<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами:

chameev47@yandex.ru, victor.82@mail.ru, terentevv@rambler.ru

## **ЭТАПЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ С УЧЁТОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИХ ЗАГРУЗКИ**

## **STAGES OF SYNCHRONIZATION OF FOREST PROCESSING MACHINES IN TECHNOLOGICAL FLOWS WITH ACCOUNTING THEIR LOAD FACTOR**

*Рассмотрены этапы и методики синхронизации технологических потоков лесобработывающих цехов с «внешней средой» и более подробно – станков между собой. Задача решалась методами имитационного моделирования с помощью комплекс-программы «ЦЕХ».*

*In the article stages and methods of synchronization of technological flows of forest-processing shops with «external environment» and, in more detail, machine tools among themselves are considered. The problem was solved by the methods of simulation with the help of the complex-program «ЦЕХ».*

Теория производительности машин и линий в лесопильном производстве базируется на основных положениях общей теории производительности машин и механизмов, разработанных в машиностроении докторами технических наук, профессорами Г.А. Шаумяном, А.П. Владзиевским и др. учёными.

В деревообрабатывающем станкостроении этими вопросами занимались доктора технических наук, профессора А.Э. Грубэ, Н.В. Маковский, Н.А. Морозов, М.Д. Бавельский и др. Впервые вопросы производительности машин и линий лесопильного производства были освещены доктором, профессором Р.Е. Калитиевским в 1962 г. [1]. На кафедре ТОЛП УГЛТУ первые работы в этом направлении появились в 1974 г. (обоснование межоперационных запасов на питателях головных станков аналитическими методами) [2], в статье [3], а с использованием имитационного моделирования – в статьях 1980 и 1981 годов [4, 5]. Настоящая работа является последней в этом направлении.

### *Программное обеспечение для решения задачи, этапы синхронизации*

Основным требованием в теории производительности машин и механизмов при расчёте технологических потоков является обеспечение максимально возможной пропускной способности головного (ведущего) станка за счёт большей производительности последующего оборудования по сравнению с предыдущим и назначением между смежными станками «пульсирующих» и «страховых» запасов заготовок оптимальной ёмкости.

Решение этой проблемы наиболее эффективно методами имитационного моделирования технологического процесса лесобрабатывающего цеха (ЛОЦ) с помощью, например, комплекс-программы (КП) «ЦЕХ» [6]. Непосредственно задача синхронизации станочной системы ЛОЦ в рамках КП «ЦЕХ» решается с помощью компонент-программы (КП) «ПОТОК» [7] поэтапно:

1. Синхронизация работы технологического потока (ТП) лесобрабатывающего цеха (ЛОЦ) с «внешней» средой назначением оптимальной вместимости питателя перед цехом.
2. Синхронизация головного станка (ГС) с входным потоком лесоматериалов назначением оптимальной вместимости питателя перед ГС.
3. Синхронизация ГС со станками последующих уровней деления лесоматериалов назначением оптимальных ёмкостей питателей перед ними или их пропускных способностей. Степень синхронизации станков в ТП оценивается по коэффициентам их загрузки. Общая методика синхронизации изложена в работе [8].

### *Решение задачи*

Результаты синхронизации станков в технологических потоках ЛОЦ по первому этапу приведена в работе [9], по второму этапу при распиловке сырья вразвал – в [10, 11], при распиловке с брусочкой – в [12, 13]. Имеются и некоторые результаты синхронизации станков ТП по третьему этапу [14, 15].

Задачи исследования 3-го этапа:

- 1) оценка влияния на загрузку головного станка ГС параметров станков второго уровня ВС и третьего уровня ТС;
- 2) определение оптимальных значений загрузки станков ВС и ТС, обеспечивающих максимальную пропускную способность головного станка ГС.

К основным параметрам, влияющим на работу головного станка ГС, отнесены: число станков 2-го уровня деления (ВС) и 3-го уровня деления лесоматериалов (ТС), скорость подачи заготовок через станки второго уровня деления ВС  $V_{П}^{ВС}$  и длительность цикла деления заготовок на станке ТС  $t_d$ , ёмкости их питателей  $E_{П}^{ВС}$  и  $E_{П}^{ТС}$ .

Имитационное моделирование работы ГС при заданных параметрах технологического процесса (рис. 1) и  $E_{\Pi}^{BC} = \infty$  показывает высокий коэффициент его загрузки  $K_3^{GC} = 0,973$ , достигнутый назначением оптимальной длины питателя перед ГС  $\ell_{\Pi}^{GC} = 280$  см. Последующие за головным станки снижают  $K_3^{GC}$ . Оценка влияния ввода в моделируемую систему станков 2-го уровня на  $K_3^{GC}$  оценивается величиной снижения коэффициента загрузки головного станка  $\Delta K_{BC}^{GC}$ .

$$\Delta K_{BC}^{GC} = K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = \infty) - K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = N),$$

где  $K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = \infty)$  – коэффициент загрузки ГС, определяемый при  $E_{\Pi}^{BC} = \infty$ ;  
 $K_3^{GC}(E_{\Pi}^{BC} = N)$  –  $K_3^{GC}$  при  $E_{\Pi}^{BC} = N$  заготовок.

Условные обозначения:

$t_{\Pi}^{ПТМ}$  – среднее время между смежными подачами пачек ёмкостью  $V_{\Pi} = 8 \text{ м}^3$  на питатель перед цехом;

$d, \ell$  – средние диаметр и длина брёвен;

$V^{TP}$  – скорость подающего транспортера;

$\ell_{\Pi}^{GC}$  – длина питателя головного станка ГС (коротышовая рама РК 63-2) моделирования взяты однопильный станок с продольной подачей ЦКБ-40 с  $t_d = 55$  с и многопильный, торцовочный станок с поперечной подачей ГСПР16-М8 с  $t_d = 10,1$  с.

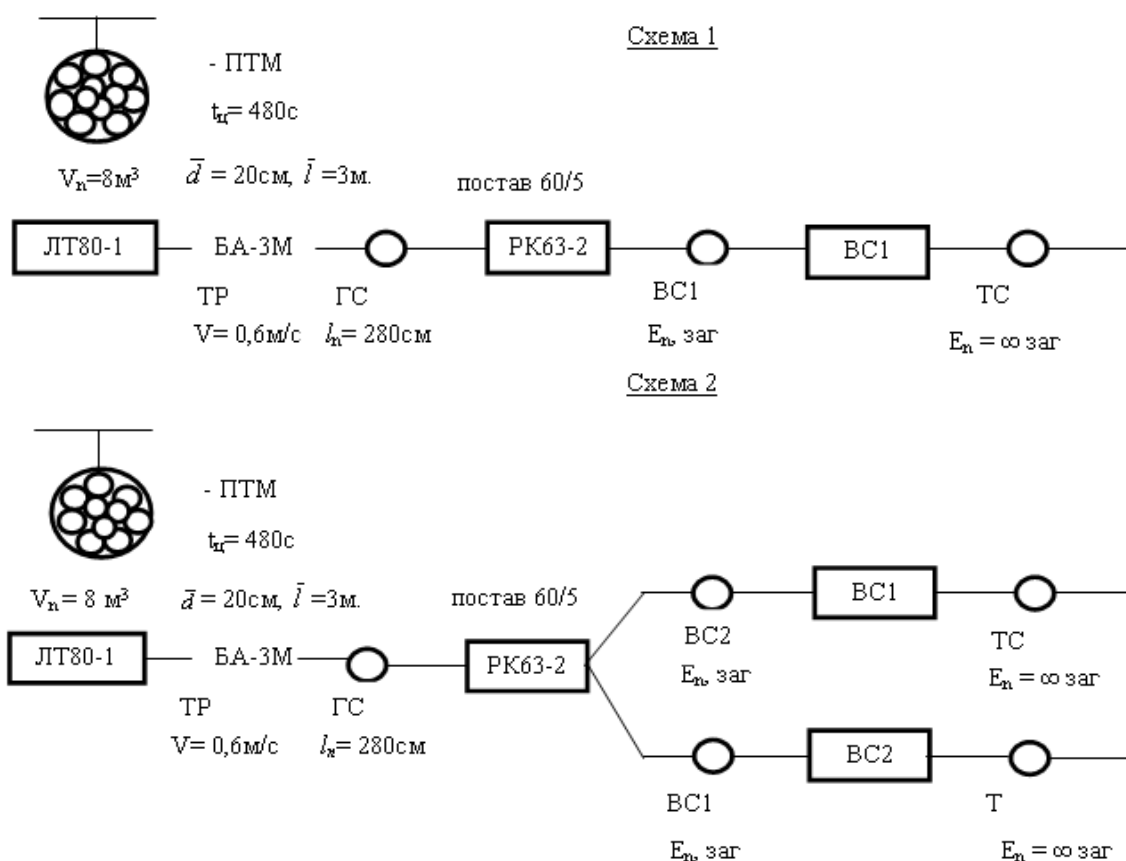


Рис. 1. Структурные схемы и исходная информация для исследования работы станков второго уровня деления лесоматериалов ВС при выпилке короткомерной пилопродукции

Соответственно, влияние на работу ГС и ВС станков 3-го уровня деления лесоматериалов ТС:

$$\Delta K_{BC-TS}^{GC} = K_3^{GC}(E_{П}^{BC} = \infty, E_{П}^{TC} = \infty) - K_3^{GC}(E_{П}^{TC} = N),$$

$$\Delta K_{TS}^{BC} = K_3^{BC}(E_{П}^{TC} = \infty) - K_3^{BC}(E_{П}^{TC} = N).$$

На величину снижения коэффициента загрузки головного станка  $\Delta K_{BC}^{GC}$  значительно влияет не только  $E_{П}^{BC}$ , но и  $V_{П}^{BC}$ . Анализ зависимостей  $\Delta K_{BC}^{GC} = f(V_{П}^{BC})$ , построенных для диапазона  $E_{П}^{BC}$  от 5 до 100 заг. (рис. 2), показывает, что при заданных параметрах моделируемой системы (рис. 1) при минимальной  $E_{П}^{BC} = 5$  заг. (почти «жёсткая связь») и  $V_{П}^{BC} = 10$  м/мин  $\Delta K_{BC}^{GC} = 0,068$ . Увеличение  $V_{П}^{BC}$  до 15 м/мин уменьшает  $\Delta K_{BC}^{GC}$  до величины 0,043.

Значительное снижение  $\Delta K_{BC}^{GC}$  достигается при  $E_{П}^{BC} = 50$  заг. и при  $V_{П}^{BC} = 10$  м/мин. В этом случае  $\Delta K_{BC}^{GC} = 0,012$ . Такая же величина  $\Delta K_{BC}^{GC}$  (0,013) получается при  $E_{П}^{BC} = 25$  заг., но при  $V_{П}^{BC} = 15$  м/мин. Дальнейшее увеличение  $E_{П}^{BC}$  не целесообразно из-за незначительного снижения  $\Delta K_{BC}^{GC}$ .

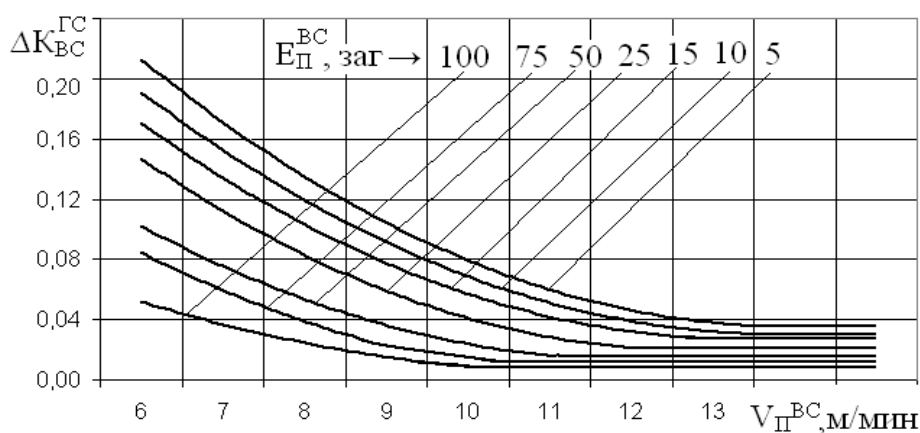


Рис. 2. Графики зависимостей  $\Delta K_{BC}^{GC} = f(V_{П}^{BC})$  для различных  $E_{П}^{BC}$  (для схемы 1 на рисунке 1)

Таким образом:

1) замена «жёсткой» связи ( $E_{П}^{BC} = 5$  заг.) между ГС и ВС на «гибкую» ( $E_{П}^{BC} = 50$  заг.) увеличивает  $K_3^{GC}$  на 0,056 при  $V_{П}^{BC} = 10$  м/мин; при  $V_{П}^{BC} = 15$  м/мин – на 0,034.

2) синхронизация работы ГС и ВС, при которой  $\Delta K_{BC}^{GC} \approx 0$ , осуществляется двумя способами – увеличением вместимости питателя  $E_{П}^{BC}$  или увеличением скорости подачи  $V_{П}^{BC}$ . Первый способ предпочтителен в условиях, когда накладываются ограничения на  $V_{П}^{BC}$ , а второй – в условиях ограниченной вместимости  $E_{П}^{BC}$ .

Определение оптимального значения загрузки станков 2-го уровня, обеспечивающих максимальную пропускную способность головного станка, проведено для двух типовых структурных схем (рис. 1) при фиксированных  $E_{П}^{BC}$ . Для 1-й схемы  $E_{П}^{BC}$  на основании проведённых исследований принята 50 заг., а для второй схемы (на основании графического анализа функции  $K_3^{GC} = f(E_{П}^{BC1} = E_{П}^{BC2})$ ) вместимость питателей принята  $E_{П}^{BC1} = E_{П}^{BC2} = 25$  заг. Результаты машинного эксперимента приведены на рисунке 3.

Анализ графиков  $K_3^{GC} = f(V_{П}^{BC})$  показывает, что  $K_3^{GC}$  стабилизируется для 1-й схемы при  $V_{П}^{BC} = 10$  м/мин, а для 2-й при  $V_{П}^{BC1} = V_{П}^{BC2} = 4$  м/мин.

Полученные значения  $K_3^{ГС}$  соответствуют следующим коэффициентам загрузки ВС: для 1-й схемы  $K_3^{ВС} = 0,62$ , а для 2-й –  $0,76$ . Тогда недогрузка станка ВС составляет  $\Delta K_3^{ГС-ВС} = K_3^{ГС} - K_3^{ВС}$  для 1-й схемы  $0,34$  и для 2-й –  $0,2$ . При этом потери в коэффициенте загрузки ГС для обеих схем будут одинаковы –  $\Delta K_{ВС}^{ГС} = 0,011$ .

В целях распространения полученных результатов исследований на другие условия работы станков параметр  $V_{П}^{ВС}$  удобнее заменить на безразмерную величину  $K_3^{ВС}$ . На рисунке 4 (по данным рисунка 3) построены зависимости  $K_3^{ГС}$  и  $\Delta K_{ВС}^{ГС}$  от  $K_3^{ВС}$ . Интерпретация результатов та же, что и для рисунка 3.

Для проведения исследований по влиянию на загрузку станков 1-го и 2-го уровней параметров станков 3-го уровня ТС моделировалась структурная схема 1 (рис. 1) при  $V_{ПВС} = 10$  м/мин,  $E_{ПВС} = 50$  заг., поставе ВС 9/15. Торцовочными станками ТС для моделирования взяты однопильный станок с продольной подачей ЦКБ-40 с  $t_d = 55$  с и многопильный торцовочный станок с поперечной подачей ГСПР16-М8 с  $t_d = 10,1$  с.

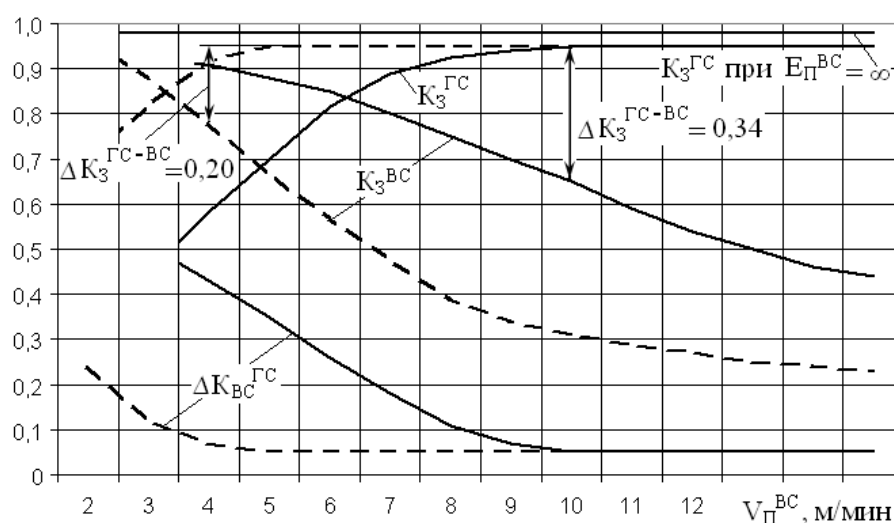


Рис. 3. Графики зависимостей  $K_3^{ГС}$ ,  $K_3^{ВС}$  и  $\Delta K_{ВС}^{ГС}$  от  $V_{П}^{ВС}$ :  
—— схема 1; — — — схема 2

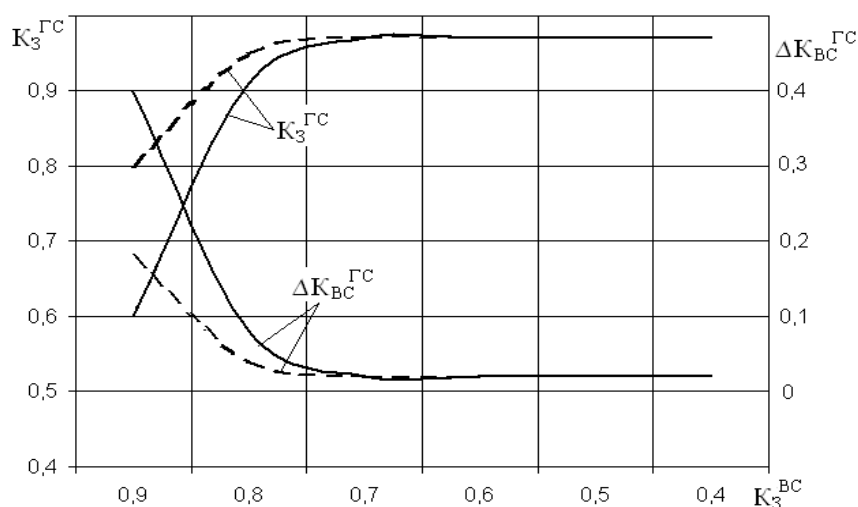












Рис. 4. Графики зависимостей  $K_3^{ГС}$  и  $\Delta K_{ВС}^{ГС}$  от  $K_3^{ВС}$ :  
—— схема 1; — — — схема 2

Результаты машинного эксперимента приведены в таблице и на рисунке 5. Анализ зависимостей  $K_3^{BC} = f(E_{П}^{TC})$  позволяет назначить  $E_{П}^{TC}$  в 70 заготовок при интенсивности обработки на станках ТС до  $\mu^{TC} = 1/t_{д}^{TC} = 1/(52 : 2) = 0,0364$  1/с или при увеличении интенсивности  $\mu^{TC}$  до 1/10,1 = 0,0991 1/с в 15 заготовках (почти «жесткая» связь).

Значения  $K_3$  для станков при  $E_{П\min}^{TC}$ ,  $E_{П\max}^{TC}$  и  $E_{П\text{опт}}^{TC}$  для различных структурных схем технологических потоков ( $K_3^{ГС} = 0,973$  при  $E_{П}^{BC} = \infty$  и  $E_{П}^{TC} = \infty$ ;  $K_3^{BC} = 0,822$  при  $E_{П}^{TC} = \infty$ ) при выпилке короткомерной пилопродукции)

K <sub>3</sub> <sup>ГC</sup> при E <sub>П</sub> <sup>ГC</sup>			K <sub>3</sub> <sup>BC</sup> при E <sub>П</sub> <sup>ГC</sup>			K <sub>3</sub> <sup>ГC</sup> при E <sub>П</sub> <sup>ГC</sup>			ΔK <sub>BC-ГC</sub> <sup>ГC</sup>	ΔK <sub>ГC</sub> <sup>BC</sup>
min	max	опт	min	max	опт	min	max	опт		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 —  — ЦКБ-40</div>										
0,460	0,575	0,555	0,265	0,350	0,325	0,970	0,990	0,975	0,318	0,297
15	300	70	15	300	70	15	300	70		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 — <div></div><div>ЦКБ-40</div><div>ЦКБ-40</div></div>										
0,825	0,950	0,935	0,515	0,610	0,595	0,880	0,940	0,895	0,038	0,027
15	300	70	15	300	70	15	300	70		
<div>ЛТ80 —  — ГC1 —  — BC1 —  — ГСПР16М8</div>										
0,955	0,955	0,955	0,625	0,675	0,625	0,400	0,400	0,400	0,018	0,018
15	300	15	15	300	15	15	300	15		

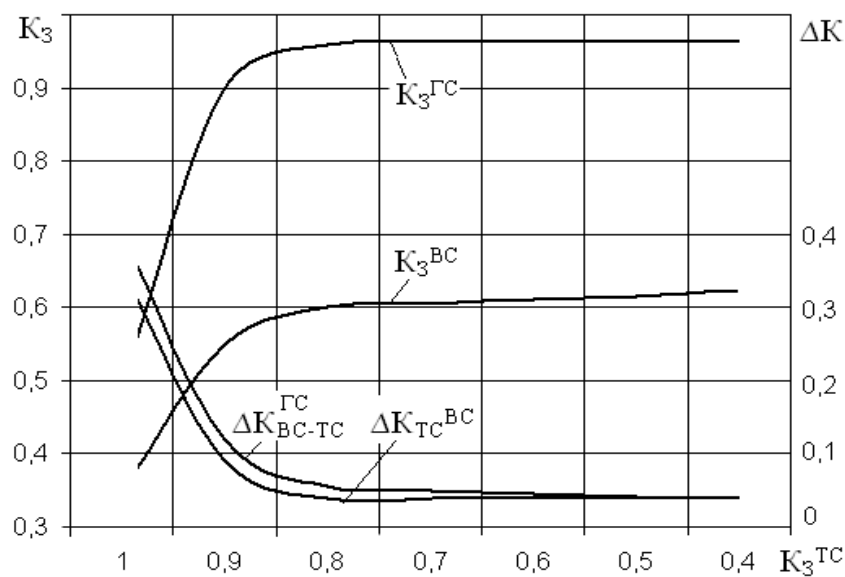


Рис. 5. Графики зависимостей  $K_3^{ГС}$ ,  $K_3^{BC}$ ,  $\Delta K_{BC-TC}^{ГС}$ ,  $\Delta K_{ТС}^{BC}$  от  $K_3^{ТС}$

Значения  $K_3^{ГС}$  и  $K_3^{ВС}$  стабилизируются при коэффициенте загрузки ТС  $K_3^{ГС} = 0,9$ , при этом снижение коэффициента загрузки ГС составляет  $\Delta K_{ВС-ГС}^{ГС} = 0,038$ , соответственно, для станка ВС  $\Delta K_{ТС}^{ВС} = 0,027$ .

#### *Выводы*

Применение комплекс-программы «ЦЕХ» позволяет получать оценку основных параметров, влияющих на технологический процесс и количественно оценить влияние их на показатели работы лесоперерабатывающего цеха.

Полученные результаты моделирования технологического процесса лесоперерабатывающего цеха не противоречат основным положениям теории производительности машин и механизмов, имеющимся данным в научно-технической и справочной литературе. Они дополняют и уточняют результаты ранее проведённых научных исследований в области технологических процессов лесоперерабатывающих цехов.

#### **Библиографический список**

1. Калитеевский Р.Е. Проектирование лесопильных потоков. М.: Лесн. пром-сть, 1972. 184 с.
2. Исследование технологии тарных цехов методом математического моделирования с целью поиска путей повышения производительности труда № ГР 74016085, инв. № Б388745: отчет о НИР/УЛТИ № 33/74 / рук. Н.В. Лившиц; исполн. В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев [и др.]. Свердловск, 1974. 80 с.
3. Применение методов теории массового обслуживания при проектировании раскроечных цехов / Н.В. Лившиц, В.В. Обвинцев, Б.Е. Меньшиков, В.В. Чамеев // Тара деревянная: научн.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. 1974. № 2. С. 10–11.
4. Лившиц Н.В., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Применение имитационно-статистической модели технологического процесса лесоперерабатывающего цеха для исследования возможности повышения производительности его оборудования // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. лесотех. акад. 1980. Вып. 9. С. 95–99.
5. Лившиц Н.В., Обвинцев В.В., Чамеев В.В. Применение имитационной модели для анализа и синтеза технологических процессов лесоперерабатывающих цехов // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. лесотех. акад. 1981. Вып. 10. С. 123–126.
6. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: архитектура комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, С.Б. Якимович, Ю.В. Ефимов, Г.Л. Васильев // Молодой учёный. 2015. № 10 (90). Ч. III. С. 357–360.
7. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: обобщённая схема компонент-программы «ПОТОК» / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, В.В. Терентьев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2015. С. 87–92.
8. Синхронизация технологических потоков в лесоперерабатывающих цехах / В.В. Обвинцев, В.В. Чамеев, П.И. Пшеничников, Д.М. Солдатов // Научн. труды. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2000. С. 64–71.
9. Чамеев В.В., Поляков В.В., Подкорытов А.В. Влияние ёмкости питателя перед цехом на загрузку лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке несортированного пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы // Научное творчество молодёжи –



лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 295–298.

10. Влияние длины питателя перед лесопильной рамой Р63-4Б на коэффициент её загрузки при распиловке несортированного пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы / Д.С. Первухин, И.А. Rogozinnikov, А.В. Подкорытов, В.В. Чамеев // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 298–303.

11. Азарёнок В.А., Гаева Е.В., Чамеев В.В. Синхронизация работы головного станка лесобработывающего цеха с предшествующими операциями при распиловке сырья вразвал // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Междунар. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 23–30.

12. Влияние ёмкости питателя на загрузку лесопильной рамы Р63-4Б при распиловке пиловочного сырья на обрезные пиломатериалы / Д.С. Первухин, И.А. Rogozinnikov, В.В. Поляков, В.В. Чамеев // Научное творчество молодёжи – лесному комплексу России: мат-лы III Всероссийск. научн.-техн. конф. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. Ч. 1. С. 303–309.

13. Чамеев В.В., Гаева Е.В., Азарёнок В.А. Обоснование размеров межоперационных запасов сырья перед головным станком лесобработывающего цеха // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды II Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2007. С. 30–36.

14. Чамеев В.В., Еремеев А.А., Терентьев В.В. Синхронизация работы станков в технологических потоках лесобработывающих цехов по раскрою круглых лесоматериалов на пилопродукцию // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IV Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. С. 221–224.

15. Синхронизация станков по производительности в технологических потоках лесобработывающих цехов / С.Б. Якимович, В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов // Молодой учёный: Ежемесячный научный журнал. 2015. № 5 (85). С. 207–214.

УДК 674\*812.02

**В.А. Шамаев, И.Н. Медведев, С.Н. Варнавский**  
(V.A. Shamaev, I.N. Medvedev, S.N. Varnavskij)  
(ВГЛТУ, г. Воронеж, РФ)  
E-mail для связи с авторами: drevstal@mail.ru

**ПРОИЗВОДСТВО ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ  
ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

**MANUFACTURING SLIDING BEARINGS OF THE MODIFIED WOOD  
FOR FRICTION DETAILS OF MACHINES AND MECHANISMS**

*Производство подшипников скольжения из модифицированной древесины экономически менее затратное и менее трудоемкое по сравнению с традиционными*

*способами изготовления подшипников. Во-первых, используется малоценная древесина мягких лиственных пород. А во-вторых, при массовом производстве будет значительная экономия цветных металлов, текстолита, баббита и бронзы.*

*В настоящее время уже прошли успешные испытания более 100 типов подшипников скольжения и втулок из модифицированной древесины.*

*Production of sliding bearings from the modified wood is economically less expensive and less laborious in comparison with traditional methods of production of bearings. First, low-value soft hardwood is used. And secondly, in the mass production will be significant savings of non-ferrous metals, PCB, babbit and bronze.*

*More than 100 types of sliding bearings and modified wood bushings have already been successfully tested.*

В настоящее время детали трения для узлов машин и механизмов изготавливают преимущественно из цветных и черных металлов, а также из пластмасс. Производство подшипников является энергоемким, так как исходным материалом для них являются руда, металл, нефть, а технология их получения является многооперационной. При производстве подшипников и втулок из металла процесс производства начинается с добычи руды и заканчивается сборкой шарикоподшипников [1].

Производство подшипников скольжения из модифицированной древесины является экономически менее затратным и менее трудоемким по сравнению с традиционными способами изготовления подшипников. В настоящее время рынок деталей трения для машин и механизмов широко представлен шарико- и роликоподшипниками, подшипниками скольжения из цветных металлов (бронзы, латуни, баббита), текстолита и различных пластмасс (полиамида, поликапролактама, капрона, угле- и стеклопластиков и др.) Деревянные подшипники, изготовленные из модифицированной древесины, за счет высокой плотности имеют прочностные показатели, близкие к стали Ст3, а готовые подшипники имеют коэффициент трения 0,05 и износ в 2–3 раза меньше чем бронзовые, так как в древесину вводятся смазки и различные наполнители.

Производство подшипников скольжения из модифицированной древесины является ресурсосберегающим, так как используется малоценная древесина мягких лиственных пород, таких как береза, осина, ольха. Эта древесина является естественно возобновляемым материалом [2].

Для производства подшипников скольжения из модифицированной древесины используется следующее оборудование: гидравлический пресс, оснастка для прессования (пресс-форма, кассета, фиксирующая планка, стержни), оснастка для формирования подшипника из секторов. Нарезка заготовок древесины для дальнейшего их прессования осуществляется на деревообрабатывающих станках, для обработки подшипника используются металлообрабатывающие станки. Для нарезки секторов разработан полуавтоматический станок, нарезающий сектора с заданными размерами, что позволяет плотно формировать сектора в корпусе подшипника. Объем производства подшипников скольжения, выпускаемых за смену, за счет использования станка увеличивается в 1,5–2 раза. На рисунке 1 представлен общий вид станка для нарезки секторов СНС-03.

При внедрении технологии и оборудования в массовое производство подшипников скольжения из модифицированной древесины будет происходить значительная экономия цветных металлов, текстолита, баббита, бронзы и, одновременно с этим найдет свое применение древесина малоценных пород.

В таблице 1 представлены показатели физико-механических свойств модифицированной древесины, применяемой для изготовления подшипников скольжения узлов трения низкооборотистых механизмов [3–5].

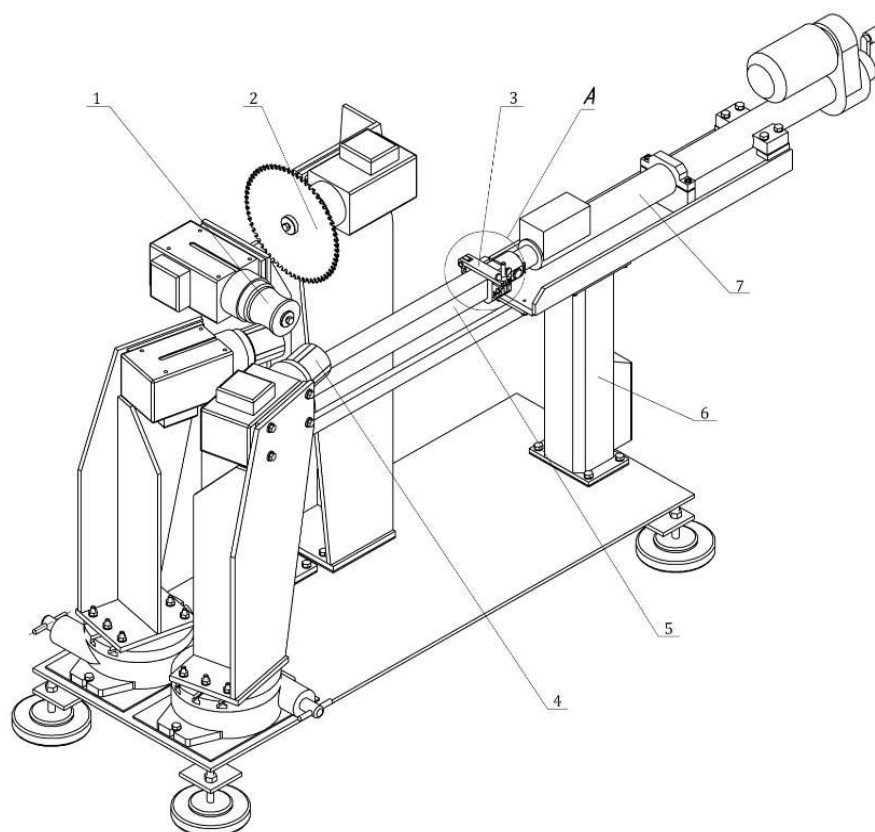


Рис. 1. Общий вид станка для нарезки секторов ШНС-03:

- 1 – фреза для обработки внутреннего радиуса сектора; 2 – отрезной диск;  
3 – зажимной узел; 4 – фреза для обработки боковых граней сектора;  
5 – заготовка из модифицированной древесины; 6 – устройство для вертикального перемещения заготовки; 7 – устройство для горизонтального перемещения заготовки

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств модифицированной древесины

Наименование показателей	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1 300–1 400
Влажность, %	1–3
Предел прочности при статическом сжатии, МПа	200–230
Предел прочности при статическом растяжении, МПа	350–420
Твёрдость, МПа	300–350
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	270–330
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	100–120
Предел прочности при динамической нагрузке	40–60
Истираемость, % (текстолит – 12 %)	6–7
Влагопоглощение за 30 суток, %	12–14
Объёмное разбухание в воде за 10 суток	12 %
Объёмное разбухание при влагопоглощении за 10 суток	3 %
Содержание смазки, %	8–10
Теплопроводность, Вт/м/К	25–30
Коэффициент трения	0,05

Расчеты показывают, что шарикоподшипник из легированной стали имеет объем 1 дм<sup>3</sup> (масса роли не играет), для изготовления требуется около 50 технологических операций, а затрачиваемая энергия составит примерно 100 МДж. При изготовлении подшипников из модифицированной древесины затраты энергии не превысят 40 МДж, поэтому стоимость подшипников из модифицированной древесины в 1,5–3 раза ниже, чем металлических.

Сравнительный анализ энергоёмкости получения подшипника из различных материалов представлен на примере подшипника редуктора с наружным диаметром 320 мм, внутренним диаметром 240 мм и высотой 40 мм (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ энергоёмкости получения подшипника из различных материалов

Наименование материала	Масса, кг	Расход электроэнергии на изготовление, Квт/ч	Срок службы, лет	Расход электроэнергии на 1 год эксплуатации, Квт/ч	Стоимость, руб.
Шарикоподшипник (легированная сталь)	15	190	10	19	1 300
Бронза	16	205	8	25,6	2 400
Баббит	26	220	9	24,4	6 400
Текстолит	2,1	162	5	32,4	1 900
Полиамид	2	111	3	37	850
Графлекс	1,7	135	4	33,8	1 100
Углестеклопластик	1,9	105	4,5	23,3	1 600
Модифицированная древесина	1,8	96	9,5	10,1	1 700

На рисунке 2 представлена фотография древесно-металлического подвешного подшипника для шнекового конвейера ДКВ-200.



Рис. 2. Фотография древесно-металлического подвешного подшипника для шнекового конвейера ДКВ-200

Успешно прошли испытания более 100 типов подшипников скольжения и втулок из модифицированной древесины в следующих деталях трения машин и механизмов: узлах машин очистки сточных вод, погружных насосах, автомобилях, экскаваторах, тракторах, железнодорожном транспорте, строительных и дорожных машинах, винодельческом оборудовании, поливочных агрегатах, оборудовании шинных и сажевых заводов, горно-шахтном оборудовании, лесохозяйственной технике.

### Библиографический список

1. Шамаев В.А., Никулина Н.С., Медведев И.Н. Модифицирование древесины: монография. М.: ФЛИНТА: Наука, 2013. 448 с.
2. Шамаев В.А., Медведев И.Н. Модифицированная древесина нового поколения для деталей трения // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб-2011): Международн. науч.-технич. конф. 27–30 июня 2011 г. Гомель, 2011. С. 225–226.
3. Шамаев В.А., Медведев И.Н. Перспективный конструкционный материал с высокими физико-механическими свойствами из модифицированной древесины // ЛЕСА РОССИИ В XXI ВЕКЕ: мат-лы IX Международн. науч.-технич. конф. СПб, 2012. С. 37–40.
4. Подшипники скольжения из модифицированной древесины для сельскохозяйственных машин / И.Н. Медведев, Д.Н. Афоничев, В.А. Шамаев, В.А. Манаев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 129–133.
5. Пат. 2539022. Российская Федерация МПК F16C 17/12. Подшипник скольжения и способ его изготовления / В.А. Шамаев, И.Н. Медведев, Р.А. Галаворян, В.А. Манаев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», ООО «Модификация». № 2013131631/11; заявл. 09.07.2013; опубл. 10.01.2015. Бюл. № 1.

УДК 674.213.049.2:674.031

**Д.В. Шейкман, Н.А. Кошелева**

(D.V. Sheikman, N.A. Kosheleva)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: cheikman@yandex.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОПИТКИ НА СТЕПЕНЬ ПРОНИКНОВЕНИЯ ПРОПИТЫВАЮЩЕГО СОСТАВА В ДРЕВЕСИНУ

### INVESTIGATION OF THE IMPACT OF THE METHOD OF SURFACE TREATMENT ON THE DEGREE OF PENETRATION OF THE PROPYING COMPOSITION TO WOOD

*Проницаемость древесины зависит от целого ряда факторов, таких как: порода и свойства самой древесины, природа и свойства пропиточного состава, способность вещества сорбироваться внутренней поверхностью древесины. Исследования проводились для двух пропитывающих составов и оценивались по степени поглощения и глубине проникновения пропиточного состава в древесину осины.*

*The permeability of wood depends on a number of factors, such as the species and properties of the wood itself, the nature and properties of the impregnating composition, the ability of the substance to be sorbed by the inner surface of the wood. The studies were*

*carried out for two impregnating compositions and were evaluated according to the degree of absorption and penetration depth of the impregnating composition into aspen wood.*

Известно, что проникновение жидкостей в древесину при прочих равных условиях находится в обратной зависимости от их вязкости [1, 2]. Более вязкие жидкости хуже проникают в древесину чем менее вязкие [3].

В исследованиях был использован способ поверхностной пропитки древесины алкидным составом на основе ПФ-053 и акриловым ВАК-48Д, а сам состав наносился вальцом с дозатором только на одну пластъ заготовки. Необходимость проведения данного эксперимента заключается в обосновании выбора наиболее рационального способа поверхностной пропитки с учетом следующих факторов:

- 1) глубина проникновения пропитывающего состава в древесину и его эффективность;
- 2) длительность процесса пропитки;
- 3) сложность реализации способа пропитки и оборудования;
- 4) расход пропиточного состава.

Выбранный способ должен обеспечивать проникновение пропитывающего состава в древесину как минимум на такую глубину, чтобы после отверждения его в древесине полученный материал обладал величиной сопротивления местному смятию не менее  $9,7 \text{ кДж/м}^2$ , как у древесины сосны. В качестве основного выходного параметра при проведении эксперимента приняты глубина проникновения пропитывающего состава в древесину, а также степень его поглощения древесиной, которые определяются соответственно по измерениям на срезах модифицированной древесины и по изменению массы образцов после пропитки [4].

На одну пластъ образцов из древесины осины влажностью  $10 \pm 2 \%$  с помощью ручного клеевого вальца с дозатором ЕМ 25Д наносился пропиточный состав температурой  $20^\circ\text{C}$ , расход которого составлял соответственно 150, 200, или  $250 \text{ г/м}^2$ . После открытой выдержки образцов с нанесенным пропиточным составом при температуре  $20^\circ\text{C}$  определялись привес по массе и глубина пропитки. Привес по массе определялся по формуле (1):

$$\Delta M = \frac{M_2 - M_1}{M_1} 100 \%, \quad (1)$$

где  $\Delta M$  – привес по массе (степень поглощения), %;

$M_1$  и  $M_2$  – массы образца соответственно до и после пропитки.

Глубина проникновения пропиточного состава в древесину определялась на срезах образцов с помощью биологического микроскопа МБУ-44 с окуляр-микрометром МОВ-15х.

Результаты изучения влияния вязкости алкидного и акрилового составов на степень проникновения их в древесину осины при нанесении способом поверхностной пропитки представлены в таблице и показывают, что степень поглощения алкидного состава на основе ПФ-053 вязкостью 25 с для древесины осины составляет 2,3 %. С понижением вязкости до 15 с степень поглощения у осины увеличивается до 2,87 %.

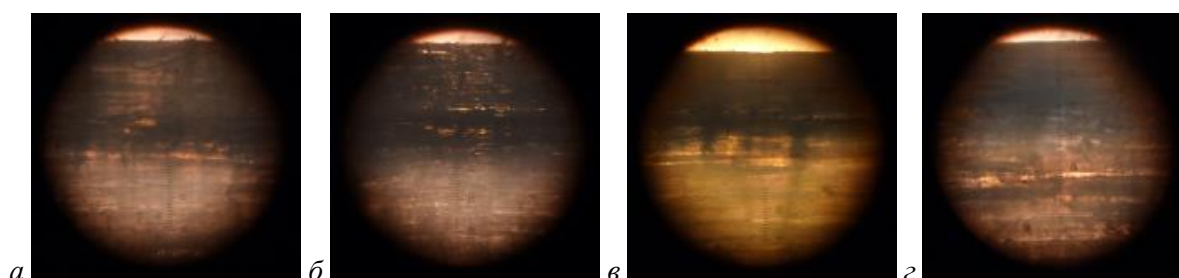
Акриловый состав на основе ВАК-48Д лучше впитывается в древесину, степень поглощения увеличивается в среднем на 9,3–10 % и достигает при вязкости 25 с у древесины осины 2,53 %, а при вязкости состава 15 с степень поглощения возрастает до 3,16 % (см. таблицу).

Влияние вязкости пропитывающего состава на степень его поглощения

№ опыта	Вязкость состава, с	Степень поглощения пропиточного состава, %	
		Алкидный ПФ-053	Акриловый ВАК-48Д
1	25	2,38	2,47
2	25	2,21	2,58
3	25	2,39	2,5
4	25	2,22	2,57
Среднее значение		2,3	2,53
5	15	2,83	3,13
6	15	2,95	3,15
7	15	2,84	3,19
8	15	2,86	3,17
Среднее значение		2,87	3,16

На рисунке показаны выполненные с помощью биологического микроскопа МБУ-44 фотографии срезов древесины, пропитанных акриловым и алкидным составами способом поверхностной пропитки, и на них четко видны слои пропитанной древесины разной толщины.

Проведенные исследования показали, что пропиточный состав на основе алкидной смолы ПФ-053 вязкостью 15 с по ВЗ-246 проникает в древесину осины на глубину 3,49 мм, а вязкостью 25 с – всего на 2,88 мм.



Фотографии поперечных срезов древесины осины, пропитанной акриловым составом на основе ВАК-48Д (а, б) и алкидным составом на основе ПФ-053 (в, г)

Пропиточные составы на основе акриловой смолы ВАК-48Д, растворителем в которой является вода, глубже проникают в древесину. Глубина пропитки составом вязкостью 15 с в древесину осины составила 3,84 мм.

При более высокой вязкости (25 с) состав на основе ВАК-48Д пропитал древесину осины на глубину 3,17 мм.

Уменьшение степени поглощения алкидного и акрилового пропиточных составов древесиной осины при повышении вязкости с 15 до 25 с составило в среднем 24–25 %, а глубина проникновения состава в древесину стала меньше в среднем на 22,6 %, или на 0,67 мм.

Проведенные исследования показали эффективность использования способа поверхностной пропитки для создания модифицированного слоя древесины не только осины, но и других пород древесины (березы, тополя и т. д.).

### Библиографический список

1. Лоскутов С.Р., Чудинов Б.С. Физические основы взаимодействия древесины с водой. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. 216 с.
2. Стенина Е.И., Левинский Ю.Б. Защита древесины и деревянных конструкций: учеб. пособие [для студентов вузов по специальности 250403 «Технология деревообработки»]. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2012. 208 с.
3. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий для древесины и древесных материалов: учебник [для вузов]. М.: МГУЛ, 2003. 568 с.
4. Кошелева Н.А., Шейкман Д.В. Исследование процесса пропитки полимерами при модификации малоценных пород древесины // Вестник технологического университета. Казань. 2015. № 14. Т. 18.

УДК 339.137.2

**А.В. Шустов**

(A.V. SHustov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: al.v.shustov@mail.ru

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

### IMPROVEMENT OF STANDARDIZATION AND CERTIFICATION IN WOODWORKING

*Рассмотрены вопросы дальнейшего развития стандартизации и сертификации в области деревообработки, оборудования и инструмента, особенности Национальной системы сертификации и предварительные национальные стандарты.*

*The issues of further development of standardization and certification in the field of wood processing, equipment and tools, features of the National Certification System and preliminary national standards.*

В работах [1–3] достаточно подробно рассмотрены вопросы технического регулирования в области деревообработки, проанализированы нормативно-технические документы по подтверждению соответствия, декларированию и сертификации, национальные стандарты, технические регламенты с точки зрения безопасности деревообрабатывающего оборудования и режущего инструмента для обработки древесных материалов.

Но появляются новые направления развития в этой области. В соответствии с последним Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» [4] должна быть создана Национальная система сертификации (НСС). Ее появление обусловлено следующим. Если ранее в плановой социалистической экономике в СССР нарушение государственных стандартов преследовалось по закону вплоть до уголовной ответственности, то начиная с 1992 года соблюдение ГОСТов стало добровольным.

Большинство видов продукции в настоящее время производится, а работы и услуги оказываются по стандартам организаций (СТО) или техническим условиям (ТУ). Это все-таки в целом снижает качество продукции, работ и услуг.

Часто изготовители указывают на выпускаемой продукции ГОСТы, которым она не соответствует. Хотя бывают случаи, когда технические параметры продукции, уровень ее технико-экономических показателей качества по СТО выше, чем по



существующим на данный момент ГОСТам. Чтобы повысить роль государственных национальных стандартов (ГОСТ Р) и сохранить важность региональных стандартов (ГОСТ) приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование, или Росстандарт) от 29 декабря 2016 года № 2033 создана Национальная система сертификации (НСС), описывающая совокупность правил выполнения работ по сертификации, инфраструктуру, участников системы. Система направлена на формирование объективной оценки соответствия прежде всего в целях:

- 1) удостоверения соответствия объектов требованиям документов НСС;
- 2) создание условий для снижения рисков производства продукции, несоответствующей требованиям документов НСС на всех этапах производства;
- 3) создание условий для снижения рисков поставки потребителю фальсификата и контрафактной продукции.

Эта система предусматривает соответствие продукции конкретным национальным стандартам, а не СТО и ТУ. В настоящее время существует около 48 тысяч ГОСТов (ГОСТ и ГОСТ Р). При сертификации продукции по НСС на продукцию должен ставиться знак соответствия конкретному ГОСТу, например, РСТ 31696-2012.

Государственных стандартов по дереву, пиломатериалам, деревообработке, оборудованию, инструментам, требованиям безопасности существует сотни, но многие из них не выполняются.

Новая система предусматривает повышение уровня контроля в этой области, но, к сожалению, является системой добровольной сертификации. В соответствии с приказом Росстандарта от 3 апреля 2017 года оператором Национальной системы сертификации определен ФГУП «Стандартинформ». Данный проект пока является пилотным и с 2017 года запущен в 7 регионах России, включая Свердловскую область.

Другим направлением развития стандартизации является разработка предварительных национальных стандартов (ПНСТ). В соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ (редакция от 03.12.2012 г.) «О техническом регулировании» [5] предварительный национальный стандарт – документ в области стандартизации, который утвержден национальным органом Российской Федерации и срок действия которого ограничен.

ПНСТ должен являться инструментом инновационного развития страны. С 2014 года разработан целый ряд ПНСТ по наилучшим доступным технологиям, дорогам автомобильным общего пользования, дополнительным дорожным знакам. В области деревообработки предварительные национальные стандарты пока не разрабатываются.

## *Выводы*

Для повышения качества продукции предприятий лесного комплекса целесообразно использовать Национальную систему сертификации, но ряд наиболее важных и значимых ГОСТов и ГОСТов Р сделать обязательными к применению. Важно разрабатывать и предварительные национальные стандарты для новых прогрессивных технологий и оборудования в деревообработке.

## **Библиографический список**

1. Шустов А.В. Анализ подтверждения соответствия в деревообработке // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: мат-лы X Международн. науч.-технич. конф. Екатеринбург, 2015.
2. Шустов А.В. Анализ нормативно-технических документов по безопасности деревообрабатывающего оборудования и инструмента // Деревообработка: технологии,

оборудование, менеджмент XXI века: мат-лы XI Международн. науч.-технич. конф. Екатеринбург, 2016.

3. Шустов А.В. Целесообразность добровольной сертификации в деревообработке // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: мат-лы XII Международн. науч.-технич. конф. Екатеринбург, 2017.

4. О стандартизации в Российской Федерации: федер. закон № 162-ФЗ от 29.06.2015 (редакция от 03.07.2016): принят Госдумой 19 июня 2015 г.: одобрен Советом Федерации 24 июня 2015 г. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_181810/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/) (дата обращения: 06.08.2018).

5. О техническом регулировании: федер. закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 (редакция от 28.11.2015): принят Госдумой 15 декабря 2002 г.: одобрен Советом Федерации 18 декабря 2002 г. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40241/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/) (дата обращения: 06.08.2018).

УДК 674.076.4

**И.В. Яцун<sup>1</sup>, А.А. Кузнецов<sup>1</sup>, А.Л. Мамаев<sup>2</sup>**

(I.V. Yacun<sup>1</sup>, A.A. Kuznecov<sup>1</sup>, A.L. Mamaev<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УГЛТУ, <sup>2</sup>ООО «БиКдрев», г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: iryatsun@mail.ru, pstb@list.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ САМОГРУНТУЮЩИХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **STUDY OF PROPERTIES OF COATINGS BASED ON SELF-PRIMING POLYURETHANE PAINT MATERIALS**

*В настоящее время становится популярным способ создания лакокрасочного покрытия (ЛКП) с применением самогрунтовой лакокрасочных материалов (ЛКМ). Под понятием «самогрунтовой» имеется в виду состав, который можно использовать как в качестве грунта, так и в качестве финишного слоя, т. е. грунтовочный и защитно-декоративные слои можно создавать одним и тем же ЛКМ.*

*Currently, it is becoming a popular way to create a paint coating (LCP) with the use of self-priming paints (LMC). Under the concept of "self-priming" refers to the composition, which can be used as a soil, and as a finishing layer, that is, the primer and protective and decorative layers can be created by the same paint.*

Сегодня строительный рынок стремительно развивается, регулярно обновляется ассортимент новыми материалами, среди которых особое внимание заслуживают полиуретановые лакокрасочные материалы. Они успешно совмещают свойства алкидных и других веществ, но при этом не перенимают от них недостатки. В связи с этим данные лакокрасочные материалы широко применяются для обработки многих материалов, в том числе и древесины, они придают достаточно высокие защитно-декоративные свойства покрытиям на их основе [1].

Полиуретаны – это группа полимеров, содержащихся в основной цепи макромолекулы уретановой группы. Основными компонентами полиуретановых смол являются полиолы, синтезируемые на основе веществ, используемых для алкидных лакокрасочных материалов. Полиолы – это олигомеры, состоящие из достаточно больших молекул, имеющих порядка нескольких десятков активных участков. Вторым компонентом

полиуретанов являются отвердители на основе диизоцианатов, состоящих из небольших молекул с двумя активными участками.

Растворители полиуретановых материалов представляют собой смеси жидкостей с низкой температурой кипения. Примеси спиртов и воды в них не предусмотрено [2, 3]. Лакокрасочные материалы на основе полиуретановых пленкообразователей подразделяются [2, 3] на:

- двухкомпонентные, отверждаемые как при комнатной температуре, так и при нагревании;
- однокомпонентные, отверждаемые при нагревании;
- однокомпонентные, отверждаемые под действием влаги воздуха;
- уралкидные холодной сушки;
- водорастворимые уралкидные горячей сушки.

По каждому отдельному параметру полиуретановые материалы не демонстрируют рекордных результатов, однако по комплексу технических параметров, технологичности и стоимости они в настоящее время представляют наилучший компромисс для широкого круга процессов лаковой отделки древесины. Покрытия, полученные на основе полиуретановых материалов имеют достаточно высокий сухой остаток (рис. 1), высокие адгезионные и физико-механические свойства (твердость, износостойкость, прочность, эластичность) [4]. После высыхания они практически не имеют запаха, не токсичны и устойчивы к воздействию кислот, щелочей, солей, чистящих веществ [3].

Используя разнообразие полиуретановых материалов, можно получить покрытие практически любого типа – от простого однослойного до эксклюзивного. В отечественной технической литературе декоративные свойства полиуретановых покрытий принято определять понятием «шелковистость».

Основными недостатками таких лакокрасочных материалов является невысокая жизнеспособность, особенно у двухкомпонентных.

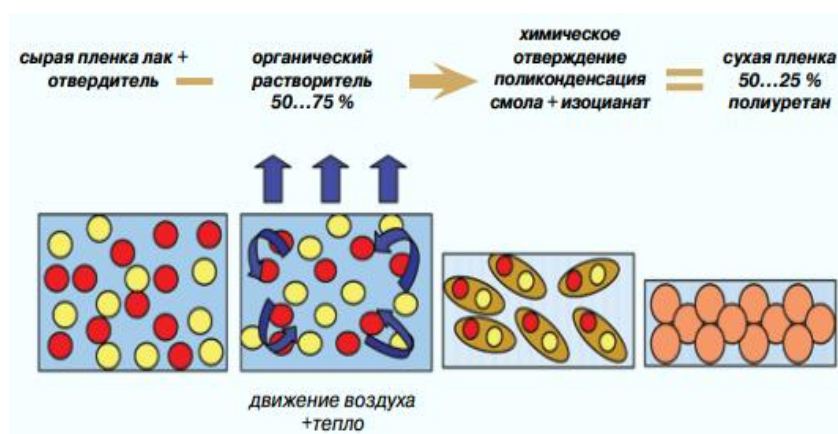


Рис. 1. Схема процесса сушки полиуретановых ЛКМ

В большинстве случаев полиуретановые лакокрасочные материалы наносятся на поверхность древесины наливом или распылением. Технологический процесс нанесения полиуретановых ЛКМ состоит из следующих технологических операций:

- 1) подготовка поверхности древесины;
- 2) нанесение грунтовочного состава;
- 3) сушка ЛКП;
- 4) шлифование поверхности;
- 5) последовательное нанесение последующих защитно-декоративных слоев.

В настоящее время становится популярным способ создания лакокрасочного покрытия с применением самогрунтующихся ЛКМ. Под понятием «самогрунтующихся»

понимаем грунт, который можно использовать в качестве финишного слоя, т. е. грунтовочный и защитно-декоративные слои можно создавать одним и тем же ЛКМ.

Для самогрунтующихся ЛКМ не требуются операция предварительного грунтования. Их можно смело наносить на поверхность без всяких опасений. Это очень удобно при выборе и экономично при покупке (не нужно покупать дополнительно грунт). Также при их использовании не требуется постоянно при смене с грунта на лак промывать технологическое оборудование, что сокращает время простоев. Получаемое покрытие с использованием самогрунтующегося лака обладает более высокими декоративными свойствами (особенно для получения открытопористой отделки).

С целью сравнительного анализа физико-механических свойств полиуретановых ЛКМ и получаемых покрытий при насечении грунтовочного состава и лака – с одной стороны и самогрунтующегося ЛКМ – с другой были проведены лабораторные испытания. В эксперименте использовались ЛКМ фирмы RENNER (Италия):

1) двухкомпонентный грунт RENNER FLM 003 (основа – FLM 003, отвердитель – FCM 003, разбавитель – DFM 002; в соотношении 100/50/30);

2) двухкомпонентный лак RENNER FO 05 M200 (основа – FOM 200, отвердитель – FCM 001, разбавитель – DRF 80; в соотношении 100/50/30);

3) самогрунтующийся двухкомпонентный лак RENNER FLM 306 (основа – FLM 306, отвердитель – FCM 001, разбавитель – DFM 801 в соотношении 100/50/30) [3].

Нанесение ЛКМ осуществлялось способом пневматического распыления при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . В качестве подложек использовались фанера хвойных (сосны) и лиственных (березы) пород. Размеры образцов –  $250 \times 190$  мм (с шероховатостью поверхности не более 16 мкм). Вязкость ЛКМ –  $22 \pm 2$  с, расход лака –  $120\text{--}140$  г/м<sup>2</sup>.

На экспериментальных образцах определялся сухой остаток (ГОСТ 6989), толщина ЛКП (ГОСТ 13639-75), твердость ЛКП (ГОСТ 5233-67) и степень блеска ЛКП (ГОСТ 896-69) [5]. Результаты испытаний приведены на рисунках 2–5.

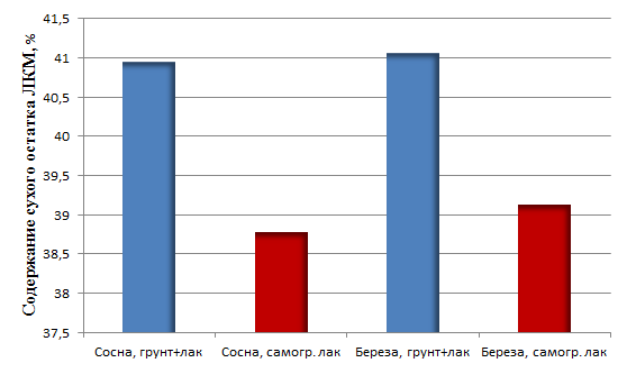


Рис. 2. Сравнительный график величины сухого остатка ЛКМ

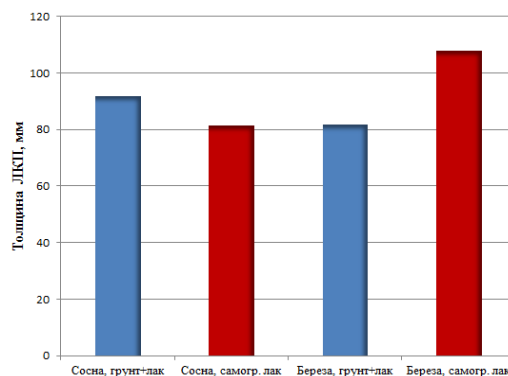


Рис. 3. Сравнительный график толщин ЛКП

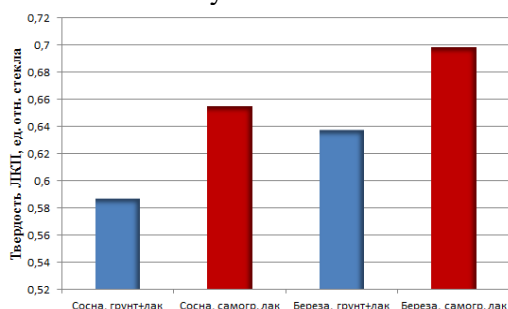


Рис. 4. Сравнительный график твердости ЛКП

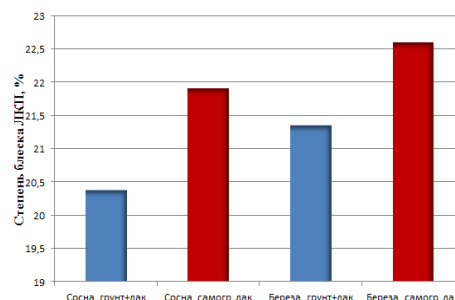


Рис. 5. Сравнительный график степени блеска ЛКП

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1) самогрунтующие ЛКМ более экономичны за счет использования одного типа ЛКМ вместо двух (грунт и лак);
- 2) ЛКП на основе самогрунтующихся ЛКМ имеют повышенную твердость, поэтому являются более износостойкими и долговечными;
- 3) по внешнему виду (по степени блеска) в соответствии с ГОСТом 9.032-74 все сформированные в эксперименте покрытия относятся к полуматовым;
- 4) значительных различий в технологии формирования покрытия и ожидаемом экономическом эффекте от внедрения незначительны.

#### **Библиографический список**

1. Голиков В.И., Ресина З.Ф. Пособие для работников лабораторий мебельных предприятий. М.: Лесная промышленность, 1967. 164 с.
2. Схемы нанесения лакокрасочных покрытий. URL: <http://kraski-laki-gruntovka.ru/States> (дата обращения 10.04.2018).
3. Пособие технолога по лаковой отделке мебели. М.: ЛИГА, 2010. 100 с.
4. Буглай Б.М. Технология отделки древесины. М.: Лесная промышленность, 1973. 304 с.
5. Полиуретановые лакокрасочные материалы. URL: <http://vseokraskah.net/nauchnye-stat> (дата обращения 10.04.2018).

## **ДЕРЕВООБРАБОТКА В МАЛОЭТАЖНОМ И ИНДУСТРИАЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ**

## **WOODWORKING IN LOW AND INDUSTRIAL HOUSING CONSTRUCTION**

**УДК 674.023**

**И.Т. Глебов**

(I.T. Glebov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: GIT5@yandex.ru

### **РАСЧЕТ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ БРЕВЕНЧАТОЙ СТЕНЫ ДЕРЕВЯННОГО ДОМА**

### **CALCULATION OF THERMAL RESISTANCE THE LOG WALLS OF A WOODEN HOUSE**

*Приведены сведения о физико-механических свойствах древесины, о теплопроводности и термосопротивлении стен деревянного дома. Для бревенчатого дома толщина стены – величина переменная, которая изменяется от ширины мостика холода до величины диаметра бревна. В статье приведен вывод средней величины толщины стены. На примере показана методика расчета термосопротивления стены.*

*Показано, что подбором породы древесины можно достичь требуемого термосопротивления стены.*

*Provides information on physico-mechanical properties of wood, the thermal conductivity and the thermal resistance of the walls of the wooden house. For a log home wall thickness variable, which varies the width of the cold bridge to the size of the logs. The article presents the output of the average value of the wall thickness. The example shows the method of calculating the thermal resistance of the wall. It is shown that the selection of wood species to achieve the required thermal resistance of the wall.*

При проектировании стен бревенчатого деревянного дома приходится учитывать физико-механические свойства древесины: прочностные и деформативные свойства, влажность и гигроскопичность, усушку и разбухание, паропроницаемость и теплопроводность. Стены должны быть прочными: они воспринимают нагрузку от всех элементов дома.

С изменением влажности бревна теряют первоначальные размеры и форму и могут нарушить плотность их соединений. Древесина пропускает через себя пар и воздух из дома, что приводит к ее увлажнению и загниванию. Наконец, древесина обладает теплопроводностью, не позволяющей получить теплый дом зимой и прохладный в летнюю жару. Только комплексный учет всех факторов позволяет построить хороший дом.

Способность материала проводить тепло называют *теплопроводностью*,  $\lambda$  (Вт/м · °С). Теплопроводность определяет, какое количество тепла проходит через 1 м<sup>2</sup> стенки материала толщиной 1 метр за 1 секунду [1, 2]. Усредненные значения коэффициента теплопроводности пород древесины приведены в таблице 1.

Теплопроводность древесины зависит от ее влажности, поскольку влага заполняет поры древесины и превращает газовую пору в пузырек с жидкостью. В жилом доме образуется много влаги. Влага образуется на кухне, в ванной комнате, в туалете, даже от дыхания человека. Деревянные стены впитывают влагу. С увеличением влажности древесины теплопроводность ее увеличивается.

*Термическим сопротивлением древесины* называют способность ее препятствовать распространению теплового движения молекул. Это свойство древесины имеет исключительное значение в домостроении.

Таблица 1

Коэффициенты теплопроводности  $\lambda$  древесины различных пород, Вт/(м · °С)

Порода древесины	$\lambda$
Береза	0,15
Дуб (поперек волокон)	0,2
Дуб (вдоль волокон)	0,4
Ель	0,11
Кедр	0,095
Клен	0,19
Лиственница	0,13
Липа	0,15
Пихта	0,15
Сосна (поперек волокон)	0,15
Сосна (вдоль волокон)	0,4
Тополь	0,17

*Сопротивление теплопередаче* представляет собой способность стены толщиной  $H$  препятствовать потерям тепла, м<sup>2</sup> · °С/Вт:

$$R = \frac{H}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $H$  – толщина деревянной стены, м;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · °С).

Стены дома часто утепляют досками, различными утеплителями. В этом случае стена состоит из нескольких слоев, имеющих разную толщину, и суммарное сопротивление теплопередаче определяется как сумма сопротивлений каждого из слоев. Стена может быть сделана из разных материалов. Если стену дома сделать из соснового бруса толщиной 150 мм, то ее термическое сопротивление будет равно 0,92 °С · м²/Вт. Этого будет недостаточно, и в зимний отопительный период дом будет быстро выстывать.

Если стену дома сделать из сосновых бревен диаметром 200 мм, то ее термическое сопротивление будет примерно такое же –  $R = 1,018$  °С · м²/Вт. Учитывая требования критерия энергосбережения, диаметр бревен придется увеличить до 500 мм. Но где взять такие бревна? Да и стоимость таких бревен значительно увеличивается.

Обычно поступают так. Толщину стены дома выбирают с учетом климатических условий региона. В Московской области, например, для строительства дома используют брус толщиной 190–195 мм или бревна диаметром более 22 см. В Свердловской области стену дома можно сделать из бруса толщиной 200 мм или из бревен диаметром 24–32 см. Иногда стены дополнительно утепляют несколькими слоями теплоизоляционных материалов.

Делать стены из толстых брусьев или бревен необязательно, так как наибольшие потери тепла в доме идут не через стены, а через плохо утепленный пол, крышу, вентиляцию и неправильно установленные окна. Однако стены из толстых бревен имеют и преимущества. Например, для возведения стены дома заданной высоты из толстых бревен уменьшается количество венцов, врубок, замков, межвенцовых соединений. Уменьшается количество мест, которые впоследствии могут продуваться.

#### *Климатические условия*

Для определения сопротивления теплопередаче необходимо знать климатические условия в заданном регионе. Эти условия характеризуются величиной температуры наиболее холодной пятидневки, определенной с вероятностью 92 % ( $t_{92}$ ), средней температуры за отопительный сезон ( $t_{от. пер}$ ) и продолжительностью отопительного сезона ( $z_{от. пер}$ ). Важной величиной является «градусо-сутки отопительного периода» (ГСОП), которая определяется так [3]:

$$ГСОП = (t_{вв} - t_{от. пер}) z_{от. пер}, \quad (2)$$

где  $t_{вв}$  – средняя температура воздуха внутри жилого помещения, принимается равной 20°С.

Климатические параметры холодного периода года для городов России приведены в работе [4]; для г. Екатеринбург, например, они равны:

- температура наиболее холодной пятидневки, 92 %, °С,  $t_{92} = 32$  °С;
- средняя температура отопительного периода, °С,  $t_{от. пер} = -5,4$  °С;
- продолжительность отопительного периода, сут.,  $z_{от. пер} = 221$  сут.

Базовое нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$  находится так [3], м² · °С/Вт:

$$R_n = a\Gamma COП + b, \quad (3)$$

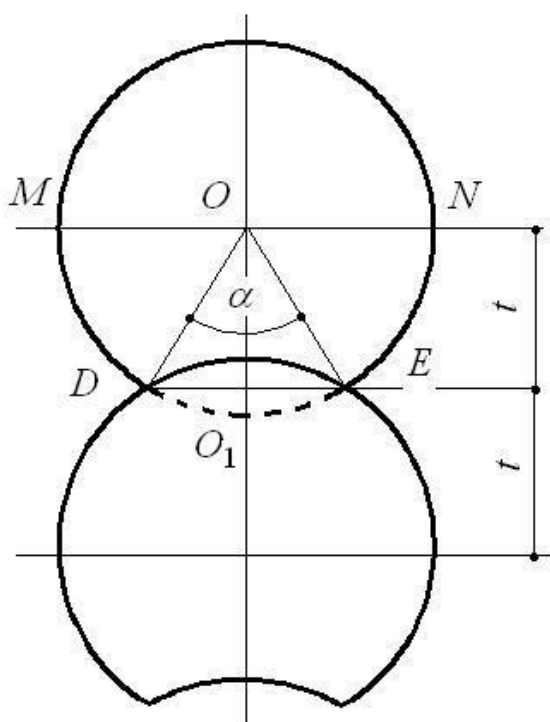
где  $a, b$  – коэффициенты [3],  $a = 0,00\ 035$ ,  $b = 1,4$  (табл. 2).

Таблица 2

Базовые значения требуемого сопротивления  
Теплопередаче ограждающих стен [3]

Здания и помещения, коэффициенты, $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C} - \text{сут./год}$	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{\text{стен}} (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$
Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2 000	2,1
	4 000	2,8
	6 000	3,5
	8 000	4,2
	10 000	4,9
	12 000	5,6
$a$	–	0,00 035
$b$	–	1,4

Зная нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$ , по формуле (1) можно найти толщину стены  $H$ . Если стена дома сделана из бруса, то толщина стены равна толщине бруса. Если стена сделана из оцилиндрованных бревен (см. рисунок), то самое тонкое место стены  $H = DE$  называют *мостиком холода*. Большая часть стены толще значения  $H$ , и в расчетах следует использовать среднее значение между  $DE$  и  $MN$ .



Параметры сочленения бревенчатой стены



Для соединения бревен в нижней их части делается продольный лунный паз. Ширину паза  $DE$  можно выбирать самостоятельно в пределах  $H = (0,45 - 0,70)d$ , где  $d$  – диаметр бревна. Для дальнейших расчетов принимаем  $H = 0,5d = r$ , делаем расчетную схему (рис. 1).

Определим расстояние между мостиком холода  $DE$  и продольной осью бревна:

$$t = \sqrt{r^2 - \frac{r^2}{4}} = 1,73r = 0,865r. \quad (4)$$

Найдем угол  $\alpha$ :  $\sin \alpha / 2 = \frac{r}{2r} = 0,5$ ;  $\alpha / 2 = \arcsin 0,5 = 0,524$  рад;  $\alpha = 1,048$  рад.

Найдем площадь сегмента  $DEO_1$ :

$$S_c = (\alpha - \sin \alpha) \frac{r^2}{2} = 0,091r^2. \quad (5)$$

Находим площадь  $MNED$  как разность площади полукруга и площади сегмента:

$$S_1 = \frac{\pi r^2}{2} - 0,091r^2 = 1,479r^2. \quad (6)$$

Выразим эту площадь через площадь прямоугольника (сечение бруса) высотой  $t$ :

$$S_o = 1,479r^2 = tH_{cp}.$$

Средняя расчетная толщина стены

$$H_{cp} = \frac{1,479r^2}{0,865r} = 1,7r = 0,85d, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр бревна.

Это значение будет расчетным для толщины бревенчатой стены.

#### Пример

Для строительства стен дома в городе Екатеринбург используются сосновые бревна диаметром  $d = 45$  см. Ширина лунного паза –  $H = 0,5d = r = 22,5$  см.

Задание: определить фактическое сопротивление теплопередаче и сравнить его с нормативным значением.

Решение:

1. Расчетное значение толщины стены по (7), см:

$$H_{cp} = 0,85d = 0,85 \cdot 45 = 38,25.$$

2. Рассчитаем тепловое сопротивление  $R$  стены, сложенной из бревна. Для этого подставляем полученные значения в формулу (1),  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ :

$$R = \frac{H_{cp}}{\lambda} = \frac{0,3825}{0,15} = 2,6.$$

3. Фактическое сопротивление теплопередаче определяют по формуле:

$$R_{\phi} = Rk,$$

где  $k$  – коэффициент теплотехнической однородности наружной стены,  $k = 0,92$ .

$$R_{\phi} = 0,92 \cdot 2,6 = 2,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

4. Находим «градусо-сутки отопительного периода» ( $ГСОП$ ) для города Екатеринбург, градусо-сутки:

$$ГСОП = (t_{вв} - t_{от. пер}) z_{от. пер} = (20 - (-5,4)) 221 = 5\,613,4.$$

5. Находим базовое нормированное значение сопротивления теплопередаче  $R_n$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ :

$$R_n = a ГСОП + b = 0,00\,035 \cdot 5\,613,4 + 1,4 = 3,36.$$

Фактическое сопротивление должно быть равно нормированному значению или превышать его ( $R_{\phi} > R_n$ ). В расчетах получилось, что фактическое значение сопротивления теплопередаче меньше регламентируемого теплосопротивления.

Исправить положение можно путем увеличения диаметра бревна или заменой породы древесины, например, заменить сосну на кедровую сосну, для которой коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,095 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ . Тогда при прежней ширине паза  $H = 38,25 \text{ см}$ .

$$R = \frac{H_{cp}}{\lambda} = \frac{0,3825}{0,095} = 4,026 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_{\phi} = 0,92 \cdot 4,026 = 3,7$$

Таким образом, изготовление сруба бревенчатого дома из древесины кедровой сосны дает хороший результат. Стена дома соответствует требованиям по термосопротивлению в районах Екатеринбурга.

### Библиографический список

1. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. Свод правил. Деревянные конструкции. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084537> (дата обращения 06.08.2018).
2. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник. СПб: Лань, 2017. 416 с.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Свод правил. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525> (дата обращения 06.08.2018).

4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. Свод правил. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546> (дата обращения 06.08.2018).

УДК 72.012:658.233

Л.В. Игнатович<sup>1</sup>, Л.Ю. Дубовская<sup>2</sup>

(L.V. Ignatovich<sup>1</sup>, L.Y. Dubovskaya<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>БГАИ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: [ignatovich@belstu.by](mailto:ignatovich@belstu.by)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН В АРХИТЕКТУРЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

### ECOLOGICAL DESIGN IN ARCHITECTURE OF THE MODERN CITY

*Рассмотрены проблемы экологии и дизайна, архитектуры мегаполисов. Современный город – естественно-искусственная окружающая среда, в которой для создания удобного проживания нужен баланс всех компонентов.*

*Необходимо планировать развитие белорусских городов с учетом ландшафтного и экологического дизайна, озеленения, а также их воздействия на окружающую среду и находить способы уменьшать потребление энергии, тепла и воды. В соответствии с этими тенденциями окружающая среда становится одним из ключевых компонентов стратегии стабильного социально-экономического развития Республики Беларусь. Минск – один из «самых зеленых» городов в Европе, но тем не менее необходимо обратить особое внимание на создание новых площадей и парков в Минске или, если это возможно, восстановить и улучшить существующие.*

*In the article there are the problems of ecology and design, architecture of modern cities of Megapolis. Modern city is a natural-manmade environment in which the creation of a comfortable living with environment needs a balance of all the mentioned components.*

*Planning of development Belarusian cities with account of landscape design, ecological design, gardening, as well as their impact on the environment and finding ways to reduce consumption of energy, heat and water currently come to the fore among the most important problems requiring urgent attention. In line with these trends, the environment becomes one of the key components of the strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus. Minsk is one of the «greenest» cities in Europe. But nevertheless, it is necessary to pay special attention to the creation of new squares and parks in Minsk and other cities, or, if it is possible, to reconstruct and improve existing ones.*

In the era of globalization, more and more attention in many countries is paid to the optimization, rationalization and ecologization of all spheres of life – from food habits of a single person of pre-production processes and housing and communal services.\*

Model of destructive and indifference to the environment is in the past – a trend is environmental consciousness, family values and a healthy lifestyle [1, 2].

In line of these trends, the environment becomes one of the key being strategy for sustainable socio-economic development of the Republic of Belarus.

Priority environmental attitudes are reflected in the National strategy for sustainable socio – economic development of the Republic of Belarus for the period till 2030 [1].

Modern city – is a natural-manmade environment in which to create a comfortable living environment need a balance of all the mentioned components. To reduce the negative consequences of its violation, on the one hand, to upgrade technology, on the other – to

---

\* Текст статьи приведен в авторской редакции.

optimize the functioning of existing natural components. The status of the green Fund – the issue of environmental safety of the population. Widespread environmental degradation in large cities, makes you think about the ineffectiveness of existing methods of farming and the need for new strategy [3]. Environmental design emerged as a response to mass production, harmful to the environment and inattentive to the needs of a real person. Responsibility to the environment, naturalness and uniqueness of made, currently, eco-design, a popular destination. Connection to nature is fashion, and to be “green” – conscious and ethical in relation to nature – has long been considered good taste. Of course, environmental design of natural materials, natural forms, nature all that makes is a separate aesthetic category [4, 5]. Planning the development of Belarusian cities in view of designing the landscaping design, eco-design, gardening, as well as their impact on the environment and finding ways to reduce energy consumption, heat and water resources at the present time becomes the most important problem requiring urgent attention. The preservation and improvement of the environment are prerequisites for sustainable development, quality of life and overall is the future of our civilization.

Environmental indicators of condition and change of natural environment components according to the analysis of actual data of the National system of environmental monitoring of the Republic of Belarus are as follows: urban areas are available for 58 % (by number) of stationary sources producing 42,7 percent of the pollutants. In 2015, the largest amount of pollutants were emitted into the atmospheric air on the territory of Novopolotsk (57,6 thousand tons), Minsk (20,3 thousand tons) and Grodno (9.7 thousand tons). However, from 2015 there is a tendency of reduction of pollutants emissions in Belarus [1]. Of course, Belarus is a green country: a variety of vegetation covers about 90 % of our territory, forests make up 1/3 of the green cover. In this regard, it can be assumed that the eco-design relevant for Belarus, because it is so rich in vegetation. However, the difference in the cleanliness of the environment and pollution in the natural reserve “Belovezhskaya Pushcha” in Minsk obvious.

In the design of residential, commercial complexes, many countries have already faced the problem of lack of vegetation – green areas. Failure-the exact amount of vegetation not only worsens the ecological situation, but also makes the city unattractive for tourism development.

With this problem at the time faced the Republic of Singapore – city-state located on Islands in Southeast Asia [6]. At the time, the rapidly growing metropolis has provided green areas: no plants, no parks, but now the city became the capital of one of the most prosperous, though small in Asian countries. The government actively encourages environmental projects, as well as the development of eco-design. Among the architectural splendor of the city nestles many parks, green spaces and greenhouses. One example of environmental design became a hotel-garden Parkroyal on Pickering in Singapore. On the terraces of the skyscraper is a real oasis with an area of 15 thousand square meters.

A good example of the design works and the works of ecodesigners are the design of modern parks and gardens in the city, for example, multi-level Park «Namba» Osaka – Japan [7] and «Chess» square surrounded by office buildings in Prague. Figure 1, 2 shows the design solutions ecodesign – multi-level Park «Namba» and «Chess» square.

In the enormous modern Metropolitan areas every piece of land is like gold. However, still can be in the middle of skyscrapers, office buildings, shopping malls and multilane roads to arrange though not great, but a real oasis Park, harmoniously combining the utility of a large city the idyll of a wonderful landscape Park. The advantage of these parks and gardens are unusual game with space. There is also fountains and benches for relaxation, green area, area for relaxation and children's games.

When an architect designs a town, it faces a difficult task: post production, housing and places for recreation (parks) so that people were closer to parks, this was near work (i.e. manufacturing), and the production had a negative impact on the environment and people.

The world pays special attention not only to the beauty and usability of the “object” design, but also takes into account the characteristics of the materials used – both the design and the manufacture, use and disposal [8–13].



Fig. 1. Tiered Park “Namba” (Namba Parks)



Fig. 2. “Checkerboard” square

The Belarusian capital ahead of many major European cities according to this criterion a comfortable stay. However, you should pay attention to the problem in the cities, especially killing existing green areas and gardens and construction in their place, shopping centers, banks, apartment buildings etc. With new objects in a priori, does not provide for the creation on its territory of green zones, planting of trees or shrubs – ignoring the landscape design, “green areas” eco-design in modern Belarus. If used for the construction of commercial and industrial centers of environmentally friendly building materials are too expensive and therefore impractical, the completed disregard for the green areas – unacceptable.

Over the last five years, while large projects are building, landscape design gets less popular. We only design the building itself and the adjacent area is assigned for Parking or fully rolled into the asphalt. It is difficult to say about the harmony of the building and the environment or landscape, the greening of the city in such projects. Minsk is the concept city. It is one of the “greenest” cities in Europe. But still worth to pay special attention to the creation of new parks and squares in Minsk and other nations in cities or, possibly, redesign and improve existing ones. To create modern squares and parks is not enough just for beauty to plant trees, shrubs, flowers and put them near benches. Modern man wants to see a clear implementation of specific landamenity and landscape benets of the idea, to comprehend the original vision of the design project. A good solution to implement this idea, the creation of small themed gardens with original concept, subordinate unified style. In a modern city areas, it can be laconic and geometric in its structure, composition, the creation of which is not in the required effort and expenditure. Ignoring new projects for landscape development directly affects the ecological situation in large cities and, as a result, the quality of people's lives.

### References

1. Republican scientific-research unitary enterprise “Belarusian research center»ecology” / Ministry of natural resources and environmental protection of the Republic of Belarus. The natural environment of Belarus: Ecol. bull. 2015. Minsk, 2016. Pp. 323.
2. Balashenko S.A. Public administration in the field of environmental protection. Mn.: BSU, 2000. 341 pp.
3. Yakubov Kh. G. Greening g Moscow // The greening of large cities: proceedings of the XIV Intern. scientific. Conf.-M., 2011. Pp. 187–190.
4. 5 basic principles of eco-design. URL: <http://say-hi.me/design/5-osnovnyx-principov-eko-dizajna.html#hcq=kHFLVAq>.

5. Fedoruk A.T. The taxonomic composition and features of the cultural dendroflora of Belarus // Proceedings of NAS of Belarus. Series of biological Sciences. 2000. No. 1. Pp. 14–17.
6. Gardens by the Bay // Wikipedia. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gardens\\_by\\_the\\_Bay](https://en.wikipedia.org/wiki/Gardens_by_the_Bay).
7. Japan Osaka: Namba Parks (Namba Parks) – a green oasis in the jungle of the metropolis. URL: [turj.ru/blog/history/2200.html](http://turj.ru/blog/history/2200.html).
8. Design and implementation of a model for research projects management in the school scientific and educational environment / Y.A. Krotov, N.Yu. Kiseleva, N.N. Demidova, S.V. Aref'eva, A.V. Matveev, V. Shamanaev. India. 2017. No. 97(15). Pp. 393–404.
9. Kiseleva N.Yu., Nekipelov A. The Emergence and development of ecological camps is a result of transformation of the Russian system of environmental education / European Social Science Journal (“European journal of social Sciences”). 2017. No. 7. Pp. 281–289.
10. Analysis of the problems of forest management in Russia / E.A. Krotov, P.A. Smolin, V.P. Vashina // Modern technology in the world scientific space. 2017. No. 4. Pp. 205–207.
11. Кротова Е.А., Матвеева А.В. Реализация возможностей электронной информационно-образовательной среды в экологическом образовании // Карельский научный журнал. 2017. № 2 (19). С. 26–29.
12. Новые перспективы исследования Technolofy в контексте изучения слабоструктурированных реальных и образовательные проблемы / Н.Н. Демидова, Е.А. Кротова, Н.Ю. Киселева, С.В. Арефьева, А.В. Матвеева // Индийский вестник Наука и технология. 2016. Т. 9. Вып. 44. С. 1–7.
13. Kamerilova G.S. Informational approach as a leading vector of modernization of the system of environmental education / Ecology and safety in techno sphere: modern problems and solutions. 2016. Pp. 323–326.

**ПРОГРЕССИВНОЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ**

**PROGRESSIVE WOODWORKING  
EQUIPMENT AND TOOL**

**УДК 519.242:621.95:674.815**

**А.Ф. Аникеевко, Т.А. Машорипова**

(A.F. Anikeenko, T.A. Mashoripova)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@bstu.unibel.by

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА  
ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ЗНАЧИМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ,  
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС СВЕРЛЕНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСП**

**PLANNING OF THE EXPERIMENT TO DETECT SIGNIFICANT  
TECHNOLOGICAL FACTORS AFFECTING IN DRILLING  
OF LAMINATED CHIPBOARDS**

*В статье представлены результаты планирования эксперимента по выявлению значимых технологических факторов, влияющих на качественные и силовые показатели процесса сверления ламинированных древесно-стружечных плит (Л-ДСП).*

*Были выявлены три группы факторов, влияющих на обработку ламинированных древесно-стружечных плит процессом сверления. Составлена методическая сетка опытов, а также выбраны постоянные и переменные факторы для проведения экспериментального исследования. Экспериментальное исследование позволит выделить факторы, реально влияющие на качество, и выбрать из них оптимальные для данного процесса.*

*The article presents the results of planning an experiment to identify significant technological factors affecting the quality and power performance of the process of drilling laminated particle Board.*

*Three groups of factors influencing the processing of laminated particle Board by the drilling process were identified. Made methodical grid of the experiments and the fixed and variable factors to conduct experimental research. The experimental study will allow to identify the factors that really affect the quality, and to choose the best for this process.*

Методика эксперимента – это совокупность приемов, позволяющих разумно поставить эксперимент, сообразуясь с целью исследования, со стремлением получить максимальную информацию при ограниченном числе опытов, а также правильно обработать и интерпретировать результаты эксперимента [1].

Сверление – это процесс резания вращающимся инструментом с лезвиями, расположенными на торце, с осевой подачей. При этом образуются цилиндрические отверстия и стружка постоянной толщины, ограниченная винтовыми поверхностями.

Все возникающие при сверлении усилия могут быть разложены по направлению оси сверла и направлению, касательному к окружности резания (вращения). Первые составляющие создадут осевое усилие  $F_{ос}$ , а вторые – крутящий момент  $M_{кр}$ . Этими двумя величинами принято характеризовать силовые показатели процесса сверления [2].

Качество сверления характеризуется величиной неровностей на стенках отверстия, величиной сколов и вырывов на поверхностях входа и выхода сверла и степенью подгорания стенок отверстия.

Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината с двух сторон рассматриваемого материала.

На процесс резания древесины и древесных материалов оказывает влияние много факторов, среди которых можно выделить три основные группы:

- 1) факторы, относящиеся к исследуемому материалу (физико-механические свойства Л-ДСП);
- 2) факторы, относящиеся к режущему инструменту (геометрические параметры сверла, углы резания, марка стали и пр.);
- 3) режимы резания или обработки (скорость главного движения, скорость подачи).

Обработка древесины и древесных материалов методом сверления остается значимым технологическим процессом в столярно-строительном и мебельном производствах.

Существуют различные методики проведения экспериментов по изучению свойств дереворежущего инструмента. Но большинство из них охватывает не более одного исследуемого варьируемого параметра, влияющего на интересующий нас показатель – качество обработанной поверхности.

В соответствии с изложенной классификацией выделены факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс резания древесно-стружечных плит (ДСП) (табл. 1).

Таблица 1

Основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс резания древесины на фрезерных станках

Наименование групп и факторов	Обозначение	Единицы измерения
<i>Факторы, относящиеся к исследуемому материалу</i>		
Материал	Л-ДСП	—
<i>Факторы, относящиеся к режущему инструменту</i>		
Материал сверла	РД18	—
Начальный радиус округления режущей кромки	$\rho$	мкм
Диаметр сверла	$D$	мм
Количество ножей	$z$	шт
<i>Факторы, относящиеся к взаимодействию ножа и материала</i>		
Задний угол	$\alpha$	град
Угол резания	$\delta$	град
Частота вращения шпинделя	$n$	мин <sup>-1</sup>
Подача на резец	$S_z$	мм
Глубина сверления	$h$	мм
Скорость подачи	$V_s$	м/мин
Шероховатость обработанной поверхности	$R_z$	мкм
Характер процесса	Закрытый	—

Все факторы, оказывающие существенное влияние на процесс обработки древесины адаптивным инструментом, предлагается разделить на две группы: постоянные и переменные.

Как видно из таблицы 1, переменные факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу, по своим разнообразным сочетаниям требуют значительных затрат. Например, при изготовлении древесно-стружечных плит возможен процент связующего от 4 до 12 %. Изучение влияния такого фактора требует создания специальной лабораторной установки на изготовление образцов древесно-стружечных плит, что практически не осуществимо вследствие сложности выполнения технологических требований получения данного древесного материала.

Учитывая всю сложность в получении заготовок необходимых номиналов, исследования проведены на плитах промышленного изготовления. В качестве объекта обработки принята ламинированная древесно-стружечная плита толщиной 16 мм.

Материал сверла выбран из быстрорежущей стали РД18. Угол резания = 45°, задний угол = 25°.

В качестве постоянного фактора принята острота режущей кромки, несмотря на то, что этот показатель оказывает влияние на рост силы резания по задней поверхности режущего элемента и образование дефектов обработки. В данном случае, учитывая значительные отличия в характере затуплений, использован прием регистрации выходных показателей процесса резания в момент образования дефектов на обработанной поверхности.

При сверлении древесных материалов наиболее распространенной формой режущей части сверла является заточка с подрезателями и направляющим центром. При такой заточке сверло имеет пять режущих элементов: две главные режущие кромки, два подрезателя и направляющий центр. Гораздо реже применяют коническую заточку, когда сверло имеет две режущие кромки, наклоненные под углом  $\phi$  к оси вращения [2].



Наибольшее влияние на усилие резания оказывают угловые параметры главной режущей кромки – угол резания  $\delta$  и задний угол  $\alpha$ . Направляющий центр, назначение которого повысить точность сверления, и подрезатели, улучшающие качество сверления, характеризуются в основном высотой над главной режущей кромкой. Изменение углов резания главной режущей кромки оказывает влияние только на силовые показатели процесса сверления, так как качество сверления зависит только от боковых режущих элементов сверла.

#### Задний угол

Если увеличивать значение заднего угла, оставляя постоянным угол резания, то  $M_{кр}$  и  $F_{ос}$  уменьшаются, причем осевое усилие меньше чем крутящий момент (рис. 1, а). Увеличение заднего угла до  $25^\circ$  при  $\delta = 45^\circ$  дает угол заточки всего в  $20^\circ$ , при этом в связи с уменьшением прочности резца происходит некоторое вибрирование последнего, что вызывает повышение  $M_{кр}$  и  $F_{ос}$ . Наименьшие абсолютные значения и темпы роста усилий резания наблюдаются при значениях угла  $\alpha = 18-25^\circ$ .

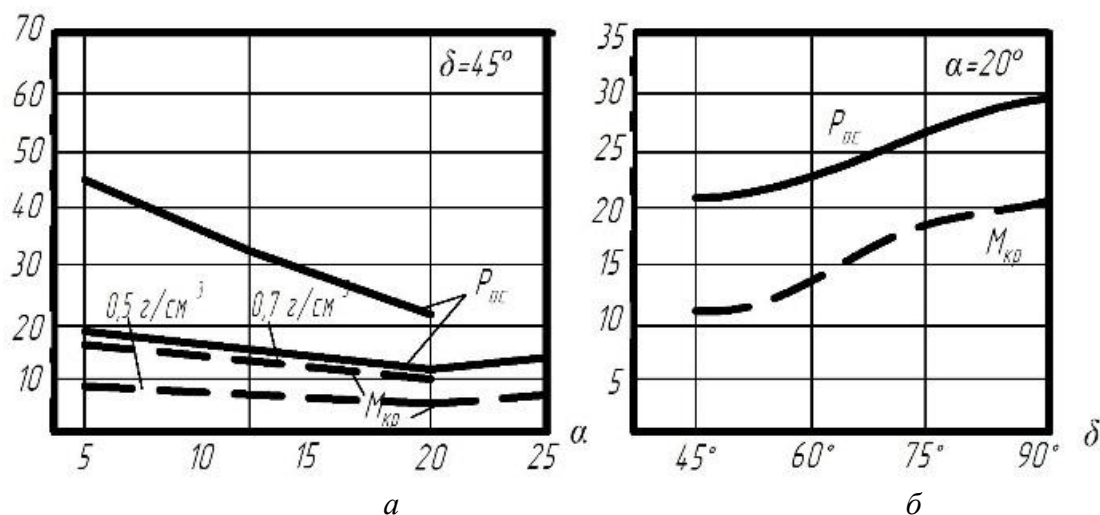


Рис. 1. Зависимость осевого усилия и крутящего момента от угловых параметров сверла – от: а – заднего угла; б – угла резания

#### Угол резания

С увеличением угла резания крутящий момент и осевое усилие растут во всех случаях (рис. 1, б), причем  $M_{кр}$  растет в большей степени чем  $F_{ос}$ . Наименьшие абсолютные значения и темпы роста усилий резания наблюдаются при значениях углов  $\delta = 45-60^\circ$ .

#### Влияние режимных факторов и размеров обработки. Число оборотов сверла

При увеличении числа оборотов (от 1 500 до  $\text{мин}^{-1}$ ) происходит незначительное падение  $M_{кр}$  и  $F_{ос}$  при постоянной подаче на резец. Поскольку толщина стружки остается постоянной, то и силы резания мало отличаются друг от друга. При данных значениях чисел оборотов и средних диаметров (10–15 мм) получается скорость резания 0,8–3 м/с. Увеличение скорости резания в этом диапазоне не изменяет существенно процесс перерезания древесных частиц.

Число оборотов сверла влияет на температурный режим сверления, т. е. при большом числе оборотов возможен перегрев и даже прижигание стенок отверстия. Это нежелательно, так как снижает износостойкость инструмента и ухудшает качество

сверления. Специальные исследования показали, что с этой точки зрения наилучшим числом оборотов является  $2\,880\text{ мин}^{-1}$ .

#### *Подача на резец*

С увеличением подачи на резец (от 0,125 до 0,75 мм) увеличивается толщина стружки, а следовательно, и сопротивление резанию, что вызывает рост  $M_{кр}$  и  $F_{ос}$ . Рост  $M_{кр}$  происходит по линейной зависимости. Рост осевого усилия неравномерен.

#### *Диаметр сверла*

С увеличением диаметра сверла в диапазоне от 7,5 до 20 мм происходит рост крутящего момента и осевого усилия по зависимости, близкой к кривой второго порядка. Характер зависимости  $M_{кр}$  и  $F_{ос}$  от диаметра не меняется при сверлении плит с различными объемными весами и содержанием связующего при работе с разными подачами на резец.

#### *Форма заточки режущей части сверла*

При сверлении как в кромку, так и в плась плиты сверло с конической заточкой дает бо́льшие усилия резания чем сверло с подрезателями и направляющим центром. В последнем случае главная режущая кромка перпендикулярна продольной оси сверла, и угол  $\varphi = 90^\circ$ ; а при конической заточке угол  $\varphi = 60, 45^\circ$  и т. д. Уменьшение угла  $\varphi$  приводит к уменьшению заднего угла в плоскости, нормальной к режущей кромке, вызывая рост усилий сверления. При сверлении в плась рост сил происходит и от увеличения угла встречи с волокнами древесных частиц [2].

На основании вышеизложенного в исследованиях приняты области изменения переменных факторов (табл. 2).

Таблица 2

Области изменения переменных факторов

Факторы	Область изменения
Диаметр сверла	7, 8, 10 мм
Частота вращения шпинделя	2 000–7 000 $\text{мин}^{-1}$
Подача на резец	0,25–0,75 мм
Скорость подачи	1–7 м/мин

Для проведения опытов на многооперационной машине с числовым программным управлением Rover B 4.35 была написана специальная программа, которая включала в себя высверливание по два отверстия на каждый режим.

Пример части программы для сверла диаметром 7 мм, скорости подачи 1 м/мин и частотой вращения  $4\,000\text{ мин}^{-1}$ :

```

«N20 PAN=1 ST1=«SV7» ST2=«NULL» ST3=«NULL» L=PCUA; ОПЫТ 1
N30 X40 Y200 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N39 Z-30 G1
N39 L=PSU
N40 X50 Y210 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N49 Z-30 G1
N49 L=PSU
    
```

```

N50 X40 Y230 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4500 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N59 Z-30 G1
N59 L=PSU
N60 X50 Y240 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=4500 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N69 Z-30 G1
N69 L=PSU
N70 X40 Y260 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=5000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0
N79 Z-30 G1
N80 X50 Y270 Z=PRK TP=1 PRF=28 F=1 VF=1 S=5000 AX=X,Y,Z G40
PFLO=0 PUL=1 L=PON TRZ=0»
    
```

После проведения испытательных запусков по проверке правильности программы в рабочую зону машины устанавливается испытуемая заготовка и начинается обработка (рис. 2).

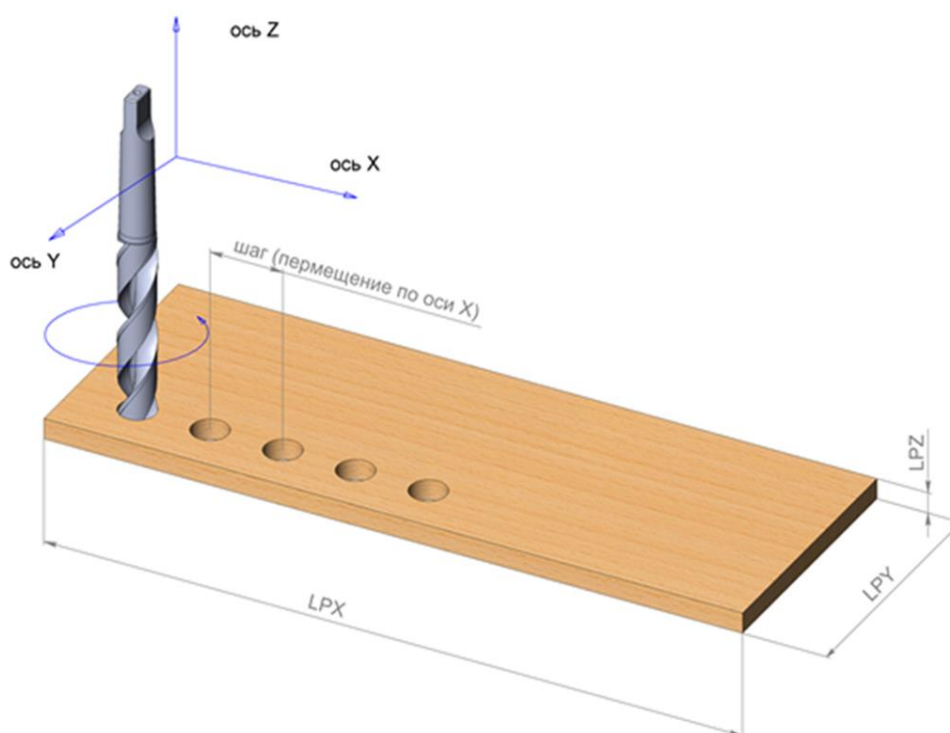


Рис. 2. Схема обработки испытуемой заготовки

На рисунке 2 показано прямолинейное движение адаптивного инструмента, которое позволяет регулировать пятикоординатный шпиндельный узел обрабатывающего центра.

В программе реализована возможность настраивать значения требуемых переменных факторов, за исключением толщины стружки, которая изменялась косвенно через значение скорости подачи  $V_s$ .

Для фиксирования и дальнейшей обработки информации о качестве обрабатываемой поверхности была разработана экспериментальная сетка опытов (табл. 3, куда нужно вписывать данные).

Экспериментальная сетка опытов

Диаметр сверла, мм	Частоты вращения, мин <sup>-1</sup>	
	2 000–7 000	
	Вх.	Вых.
Скорость подачи $V_s = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7$ м/мин. Подача на резец = 0,25–0,75 мм		
7; 8; 10		

#### Выводы

Разработанная методика проведения экспериментальных исследований позволила обосновать геометрические параметры адаптивного инструмента и уровни варьирования переменных факторов, обосновать оригинальную экспериментальную базу и технические средства, позволяющие регистрировать мощность резания при обработке древесно-стружечных плит.

Разработанные методики позволяют наиболее достоверно получить данные об исследуемых факторах, оценить их, проанализировать результаты и обосновать практические рекомендации по их внедрению в производство.

#### Библиографический список

1. Горский В.Г., Адлер Ю.П., Талалай А.М. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия, 1974. 264 с.
2. Цуканов Ю.А., Амалицкий В.В. Обработка резанием древесно-стружечных плит. М.: Лесная промышленность, 1966. 94 с.

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Vikharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МЕЖНОЖЕВОГО ЗАЗОРА РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН

#### RESEARCH OF STABILITY GAP OF GRINDING MACHINES

*Статья посвящена исследованию стабильности межножевого зазора размалывающих машин. На стабильность этого зазора влияют перекося статора и торцевое биение ротора. Проведено исследование торцевого биения ротора конструкций отечественных и импортных мельниц, вызванное зазорами в конструкциях роторного узла. Показано, что полученные значения биений ротора сопоставимы с величинами межножевого зазора.*

*Article is dedicated to research of stability gap of grinding machines. Stability of this gap influence skew stator and face palpation of rotor. Research of face palpation of rotor of designs of the domestic and import mills, caused by backlashes in designs rotor unit is lead. It is shown, that the received values jumping rotor are comparable to sizes gap.*

В настоящее время размол волокнистых полуфабрикатов производится в ножевых размалывающих машинах. Зазор между размалывающими гарнитурами составляет десятые доли миллиметра [1, 2, 3]. Этот зазор зависит от вида и концентрации полуфабриката и режима работы мельницы [2, 3]. Для эффективного процесса размола в ножевых размалывающих машинах необходимо обеспечить стабильность зазора между гарнитурами ротора и статора [3]. При размоле на ротор и статор действуют осевые силы, которые состоят из постоянной, периодической и случайной составляющих [4].

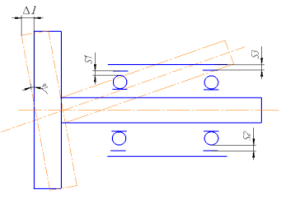
Следует различать перекося гарнитуры статора и торцевое биение гарнитуры ротора. Перекос статора возникает из-за неправильной установки гарнитуры и (или) недостаточной жесткости конструкции мельницы [4]. Биения ротора вызваны перекосом при посадке ножевого диска на вал мельницы, недостаточной жесткостью конструкции ротора, зазорами в элементах конструкции роторного узла, в том числе, радиальными зазорами в подшипниках и динамическими силами, возникающими при эксплуатации мельницы. Метод вибрационной диагностики перекося статора предложен в патенте [5].

*Роторный узел мельницы* – высокоточный узел, который должен обеспечивать стабильное положение ножевого диска при размоле. В роторном узле мельницы стабильность положения роторного диска зависит от точности изготовления подшипников и сопряженных с ними деталей, от качества монтажа и от величины радиальных зазоров узла.

В ножевых размалывающих машинах используются подшипники с зазором. Исследование динамики ротора при размоле проведено в работе [6]. Приведена методика расчета силы натяга в опорах роторного узла мельницы для обеспечения его стабильного положения. Роторы мельниц, как правило, работают в жестком режиме [7]. Как показали исследования, основной составляющей величины биения ротора вносят зазоры в элементах конструкции ротора. Не учет остальных составляющих приводит к погрешности, не превышающей 20 %.

В таблице приведены результаты исследования торцевых биений роторов ножевых размалывающих машин. Биения рассчитывались при номинальных радиальных зазорах в подшипниках роторных узлов. Биения, вызванные этими зазорами, находятся в пределах 0,4–1,68 мм. Эксплуатационные межножевые зазоры также находятся в этих пределах, могут быть даже меньше 0,4 мм. Следовательно, в конструкции самого роторного узла заложена возможность металлического контакта ротора и статора при размоле.

Исследование биений ротора ножевых размалывающих машин

Марка мельницы	Диаметр гарнитуры (конуса), мм	Частота вращения, об/мин	Схема роторного узла мельницы	Номинальный зазор, мм			Биение ротора, мм
				Передний подшипник	Задний подшипник	Станок-корпус	
МД-31	1 000	600		0,4–0,5	0,4–0,5	0,2	0,8
МД-14	630	600		0,3–0,4	0,3–0,4	0,2	0,4
МД-2У5	800	1 000		0,3–0,4	0,3–0,4	0,2	0,5

Окончание табл.

Марка мельницы	Диаметр гарнитуры (конуса), мм	Частота вращения, об/мин	Схема роторного узла мельницы	Номинальный зазор, мм			Биеение ротора, мм
				Передний подшипник	Задний подшипник	Стакан-корпус	
МД-3Ш7	1 000	1 500		0,5–0,65	0,5–0,65	–	0,6
МД-4Ш7	1 250	1 500		0,5–0,65	0,5–0,65	–	0,75
МДС-24	800	7 500		0,4–0,5	0,4–0,5	–	0,4
МДС-33	1 000	1 000		0,4–0,5	0,4–0,5	–	0,5
TF5D	1 473	400		0,5–0,65	0,5–0,65	0,1	1,1
TF-52	1 350	1 500		0,5–0,65	0,5–0,65	0,1	1,68
TWIN-60	1 500	11 500		0,5–0,65	0,5–0,65	–	0,5
TWN-66	1 720	12 300		0,5–0,65	0,5–0,65	–	0,6
МКЛ-04	800	41 000		0,2	0,2	0,2	0,4
МКН-03	800	7 500		0,2	0,2	0,2	0,4
МКБ-02	800	7 500		0,2	0,2	0,2	0,4
RF-4	1 000	5 500		0,2	0,25	0,25	0,75

Это приводит к интенсивному износу гарнитуры. Хотя, как указывают некоторые авторы [8], проходящая через межножевой зазор волокнистая масса «демпфирует» колебания ротора и стабилизирует положение ротора. Это утверждение экспериментально не подтверждено.

В конструкциях некоторых мельниц используются подвижные шлицевые соединения (мельница TF5D, TF-52) с номинальным зазором порядка 0,1 мм, и длина этих соединений невелика – 120–150 мм (крепление подвижного ножевого диска и вала).

У этих мельниц наблюдаются самые высокие биения диска – 1,1–1,68 мм. Считаем, правильнее было бы сделать подвижное соединение типа корпус-стакан, имеющее такой же зазор 0,1 мм и длину 500–800 мм (как у мельниц МД-31, МД-14). Такое решение приведет к уменьшению биений ротора. У мельниц МД-31, МД-14 оно составляет 0,4–0,8 мм. Для обеспечения стабильности межножевого зазора в ножевых размалывающих машинах рекомендуется исключить зазоры в конструкциях роторных узлов, т. е. использовать подшипники с натягом, а присадку мельницы производить статором.

### Библиографический список

1. Легоцкий С.С., Гончаров В.И. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М.: Лесная промышленность, 1990. 224 с.
2. Бывшев А.В., Савицкий Е.Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов: учеб. пособие. Изд-во Краснояр. ун-та, 1991. 216 с.
3. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых мельницах: автореф. дисс. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. Л., 1990. 31 с.
4. Вихарев С.Н. Динамика мельниц для размола волокнистых полуфабрикатов. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 184 с.
5. Свид. на полезную модель РФ № 10183. Устройство регулирования параллельности гарнитур дисковой мельницы / С.Н. Вихарев, Е.Г. Кучумов, Е.Н. Медведева. Заяв. № 98122050. Оpubл. 07.12.98. 3 с.
6. Вихарев С.Н., Сиваков В.П. Динамика роторов дисковых мельниц // Вестник Казанского государственного технического университета. 2012. № 6. 4 с.
7. Вихарев С.Н., Санников А.А. Критические частоты вращения роторов дисковых мельниц // Машины и аппараты ЦБП: Межвуз. сб. науч. тр. Л., 1988. С. 36–40.
8. Sabourin M. Xu E. Musselman R.: Evaluation of refiner disc speed, plate design and consistency on high pressure. International Mechanical Pulping Conference. Stockholm, Sweden, 9–13 June 1997. Pp. 241–249.

УДК 676.024.61

**С.Н. Вихарев**

(S.N. Vikharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

### НАДЕЖНОСТЬ ГАРНИТУРЫ НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН

### RELIABILITY SETS KNIFE OF GRINDING MACHINES

*В статье исследован технический ресурс самого ненадежного элемента ножевой размалывающей машины – гарнитуры. Этот показатель надежности зависит от*

вида размалываемого полуфабриката, его концентрации и степени очистки от посторонних включений, материала гарнитуры, условий эксплуатации и технического состояния мельницы. Для повышения ремонтпригодности и надежности гарнитуры предложена конструкция наборной гарнитуры.

*In article the technical resource of the most unreliable element knife grinding machine – sets is investigated. This parameter of reliability depends on a kind of a ground semi finished item, his concentration and a degree of clearing of extraneous inclusions, a material sets, conditions of operation and a technical condition of a mill. For increase of maintainability and reliability sets the design type-setting sets is offered.*

В настоящее время размол волокнистых полуфабрикатов производится в ножевых размалывающих машинах. Современные представления о механизме размола основываются на том, что на кромках ножей висают волокна, образуя прослойку, ширина которой зависит от длины волокна. Между размалывающими поверхностями ножей возникает жидкостное и/или граничное трение, при котором роль смазки выполняет волокнистая прослойка и пленка окислов материала гарнитуры [1, 2]. Самым ненадежным элементом является гарнитура [1–4]. Проведено исследование реальных сроков эксплуатации гарнитуры без учета простоев на предприятиях отрасли. В таблице представлены результаты исследований.

Технический ресурс гарнитуры на предприятиях отрасли

Предприятие	Марка мельницы	Марка гарнитуры	Вид размалываемого материала	Концентрация материала (%)	Технический ресурс, час
«Соликамскбумпром»	TWIN-60 (I ступень)	64SJ015PK	Пропаренная технологическая щеп	40–45	1 250
	TWIN-60 (II ступень)	64SJ220YDS17	Термомеханическая масса	40–45	1 250
	TWIN-66 (I ступень)	43SA001AZS48	Пропаренная технологическая щеп	33–36	900
	TWIN-66 (II ступень)	43SA009AZS18	Пропаренная технологическая щеп	40–45	1 100
	2070	70SA103YDS17	Отходы сортирования	30–35	1 300
	TWIN-FLO-52 (II ступень)	70035TC009 AZ 17-4PH	Термомеханическая масса	3–4	6 900
	TWIN-FLO-52 (III ступень)	52TA106AASP	Термомеханическая масса	3–4	16 000
	2064	M64SD018RHS17	Отходы сортирования	30–33	1 300
	RF-4 (II ступень)	JC04SSFG-SJ	Древесная масса	3–4	16 000
	TWIN-FLO-52 (III ступень)	58TC203AAX1	Древесная масса	3–4	9 000
«Днепропетровская БФ»	МД-25	P-800.003	Сульфатная целлюлоза	3–6	4 700
«Окуловская БФ»	МД-31	P-1000.001	Макулатурная масса	3–6	750



Окончание табл.

Предприя- тие	Марка мельницы	Марка гарнитуры	Вид размалываемого материала	Концен- трация материала ( % )	Техни- ческий ресурс, час
«Астра- ханский ЦКК»	МД-31	P-1000.001	Целлюлозная масса	3–6	720
	МД-33	P-1000.014	Целлюлозная масса	3–6	840
	МД-33	P-1000.013	Целлюлозная масса	3–6	840
«Архан- гельский ЦБК»	МД-4Ш1	P-1000.001	Полуцеллюлоза	6–12	900
	МД-31	P-1000.002	Сульфитная целлюлоза	3–6	1 500
	МД-4Ш1В	P-1250.002	Полуцеллюлоза	6–12	800
	МД-48 (УГР)	МД-56.01-005-VI	Пропаренная технологическая щепы	6–15	170

Технический ресурс гарнитуры имеет большой разброс – от 170 до 16 000 часов. Этот показатель надежности зависит от вида размалываемого полуфабриката, его концентрации и степени очистки от посторонних включений, материала гарнитуры, условий эксплуатации и технического состояния мельницы.

Как правило, гарнитура мельницы не ремонтируется, а заменяется целиком. Различие в массе новой и изношенной гарнитуры не превышает 10 %. Изношенная гарнитура, как правило, возвращается на предприятие-изготовитель на переплавку, что увеличивает транспортные расходы.

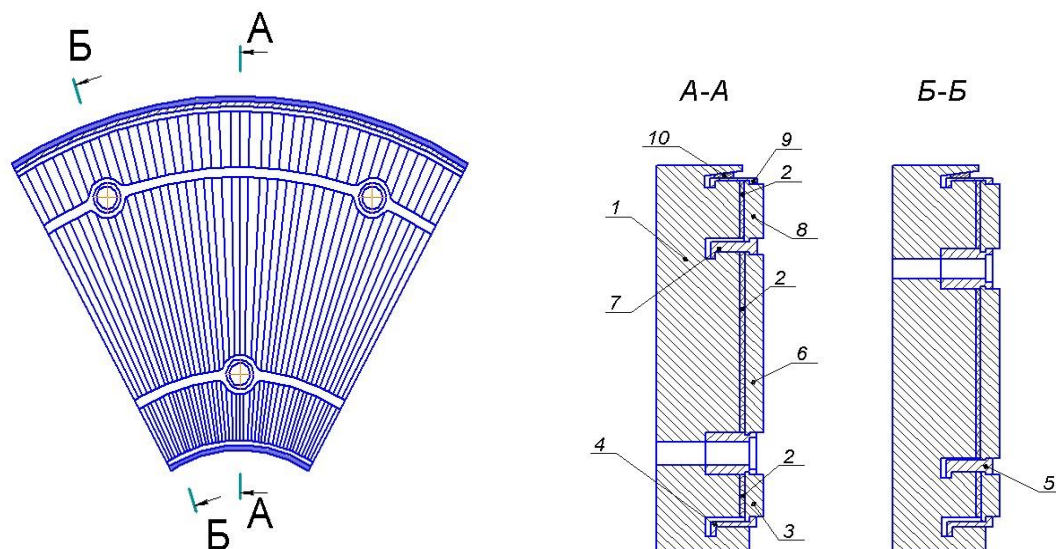
В настоящее время появились ремонтпригодные конструкции гарнитуры с наборными ножами. В этих конструкциях заменяются только изношенные ножи, а корпус (матрица) не меняется. Такая конструкция позволяет производить ремонт гарнитуры силами предприятия, эксплуатирующего ножевые размалывающие машины. Это приводит к снижению расходов на покупку и транспортировку гарнитуры.

Сотрудники УГЛТУ разработали несколько конструкций наборных гарнитур мельниц, защищенных патентами [5–9]. Одной из перспективных разработок является сегментная гарнитура, позволяющая набирать любые рисунки ножей и имеющая повышенную жесткость крепления элементов её конструкции.

На рисунке изображен сегмент гарнитуры дисковой мельницы. Сегмент наборной гарнитуры состоит из матрицы 1, на которую устанавливается демпфирующий элемент 2, затем устанавливается внутренний ножевой пояс 3. Он фиксируется пружинными сегментными планками 4 и 5 с внутренней замковой конструкцией. После производится установка среднего ножевого пояса, состоящего из ножей 6, которые также фиксируются пружинной сегментной планкой 7 с внутренней замковой конструкцией. После производится установка внешнего ножевого пояса, состоящего из ножей 8, которые также фиксируются пружинными сегментными планками 9 с внутренней замковой конструкцией. Заключительным этапом сборки является установка фиксирующего сегмента 10, который в сечении имеет форму клина, тем самым усаживая все элементы гарнитуры.

Гарнитура подготавливается к работе следующим образом: после набора ножей на матрице 1, на которую предварительно поместили демпфирующий элемент 2, фиксируем внутренний ножевой пояс 3 при помощи пружинных сегментных планок 4. После этого производится установка пружинных сегментных планок 5. На эти планки устанавливается средний ножевой пояс 6, после чего производится установка пружинных сегментных планок 7, на которые устанавливается внешний ножевой пояс 8. Затем

производится установка оставшихся пружинных сегментных планок 9 по большому диаметру. После этого при помощи фиксирующего сегмента 10 выполняется расклинивание всех составляющих сегмента гарнитуры с целью их жесткой фиксации. Все собранные сегменты гарнитуры закрепляются на роторном и статорном дисках. После этого мельница готова к эксплуатации. Разборка гарнитуры производится в обратной последовательности.



Наборная сегментная гарнитура:

- 1 – матрица; 2 – демпфирующий элемент; 3 – внутренний ножевой пояс;  
4, 5, 7, 9 – сегментные пружинные планки; 6 – средний ножевой пояс;  
8 – внешний ножевой пояс; 10 – фиксирующий элемент

В статье исследован технический ресурс самого ненадежного элемента ножевой размалывающей машины – гарнитуры. Для повышения ремонтпригодности и надежности гарнитуры предложена конструкция наборной гарнитуры.

### Библиографический список

1. Легоцкий С.С., Гончаров В.И. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М.: Лесная промышленность, 1990. 224 с.
2. Бывшев А.В., Савицкий Е.Е. Механическое диспергирование волокнистых материалов: учеб. пособие. Изд-во Краснояр. ун-та, 1991. 216 с.
3. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых мельницах: автореф. дисс. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. Л., 1990. 31 с.
4. Вихарев С.Н. Динамика мельниц для размола волокнистых полуфабрикатов. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 184 с.
5. Патент 58125 РФ. Гарнитура дисковых мельниц / С.Н. Вихарев, Н.С. Янковская, С.А. Душина. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2006116905/22. Заяв. 16.05.2006. Опубл. 10.11.2006. Бюл. № 31. 2 с.
6. Патент 103108 РФ. Гарнитура дисковой мельницы / С.Н. Вихарев, Г.В. Банников. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный

лесотехнический университет». № 2010126623/22; заяв. 29.06.2010; опубл. 27.03.2011. Бюл. № 9. 3 с.

7. Патент 110377 РФ, МПК D 21 D 1/00. Наборная гарнитура для роспуска волокнистых материалов / С.Н. Вихарев, М.А. Гусев. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2011120588/12; заяв. 20.05.2011; опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32. 2 с.

8. Патент 125203 РФ. Гарнитура дисковых мельниц / С.Н. Вихарев, М.М. Букей. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2012138841/12, заяв. 10.09.2012, опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6. 2 с.

9. Патент 76648 РФ. Гарнитура дисковой мельницы / С.Н. Вихарев, А.В. Кулакова. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». № 2008116181/22, заяв. 24.04.2008, опубл. 27.09.2008. Бюл. № 27. 2 с.

УДК 674.055:621.934(043.3)

**А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко**  
(А.А. Grishkevish, V.N. Garanin, D.L. Bolochk)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)  
E-mail для связи с авторами: dosy@mail.ru

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УСТОЙЧИВОСТЬ  
ДЕРЖАТЕЛЯ НОЖА ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА  
НА ОПОРЕ СКОЛЬЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**THEORETICAL CALCULATIONS THAT DETERMINE THE STABILITY  
OF THE KNIFE HOLDER MILLING TOOL  
ON A SUPPORT SLIDING IN THE PROCESS OF OPERATION**

*На кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов спроектирована и изготовлена фреза, у которой есть возможность изменять углы резания и осевой угол одновременно. Это позволит уменьшить мощность на резание, повысить качество обработанной поверхности и увеличить период стойкости инструмента.*

*In this regard at department of woodworking machines and tools the mill which has an opportunity to change the angles of cutting and an axial corner at the same time is designed and made. It will allow to reduce power by cutting, to increase quality of the processed surface and to increase the period of firmness of the tool.*

Резание древесины и древесных материалов с использованием лезвийного инструмента является одним из основных видов обработки при изготовлении мебели, столярных изделий, получении щепы и в других производствах. Механическая обработка древесины и древесных материалов методом фрезерования занимает в этих технологических процессах одно из ведущих мест.

Однако обеспечение качества и производительности оборудования с применением существующих технологий обработки древесины связано с необходимостью использования разнообразного дереворежущего инструмента и больших затрат электроэнергии.

Одним из эффективных направлений решения задачи для различных технологических процессов обработки древесины является придание инструменту возможности изменения углов резания и осевого угла при переходе с одних режимов резания на

другие, что позволит уменьшить энергию на деформацию удаляемого слоя и повысить ресурс работы инструмента.

Конструкция фрезерного рефлекторного (от латинского *reflektō* – «загибаю назад, поворачиваю») инструмента состоит из корпуса и двух подвижных держателей ножа, поэтому возникает необходимость расчёта их устойчивой работы во время разгона (торможения) и во время обработки материала. На основании полученных данных нашего исследования будет сделано заключение о необходимости фиксации подвижных частей фрезы.

Для реализации поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

1. На основании 3D-модели определить моменты сил инерции, действующие на подвижные элементы во время разгона (торможения) инструмента.
2. Разработать 3D-модель обработки материала фрезерного инструмента с рефлекторными свойствами.
3. Определить силы, возникающие в процессе фрезерования древесины инструментом с рефлекторными свойствами.
4. Произвести расчеты для определения закономерностей поведения инструмента с рефлекторными свойствами в режиме обработки материала.
5. Сделать вывод о возможности использования разработанной 3D-модели фрезерного инструмента в режиме резания материала.

На рисунке 1 представлена конструкция рефлекторного инструмента с изменяемыми угловыми параметрами.

Держатель ножа 3, на котором крепится нож 4, является частью шара и контактирует с корпусом 1, 2 по части сферической поверхности. Ввиду этого он имеет три вращательных степени свободы относительно корпуса фрезы, что обеспечивает широкие возможности по установке ориентации ножа как для целей научных исследований, так и для использования в производстве с целью оптимизации процессов обработки заготовок [1].

На рисунке 2 приведена схема трёх последовательных поворотов держателя ножа (а) и расчётная схема действующих сил во время работы инструмента в режиме разгона/торможения (б).

В программе SolidWorks были получены координаты центра тяжести держателя ножа и моментов инерции. На основании ранее выполненных расчетов предлагается использование углов Эйлера с центром координат в плоскости, находящейся на оси вращения инструмента.

Предлагаемая модель позволяет определить реакцию связи корпуса инструмента с подвижным сектором на условия эксплуатации и изучить особенности взаимодействия адаптивного инструмента с обрабатываемым древесным материалом.

Дальнейшие расчёты будем выполнять с использованием программы Mathcad.

Зададимся следующими параметрами разгона фрезерного инструмента с целью изучения расчетной модели:

- $\omega = 600 \text{ с}^{-1}$  – угловая скорость вращения инструмента;
- $\varepsilon = 20 \text{ с}^{-2}$  – угловое ускорения инструмента в режиме разгона;
- $m = 0,2 \text{ кг}$  – масса подвижной части инструмента;
- $\varphi_0 = \theta_0 = \psi_0 = 0$  – углы в начальном положении.

Расчёты проводились путем измерения углов  $\theta$  (относительно оси X – угол резания) и  $\psi$  (относительно оси Z – угол в плане) в диапазоне 0–9°; представим в таблице 1 расчёты с использованием пакета MathCad (угол  $\varphi = 0 = \text{const}$ ).

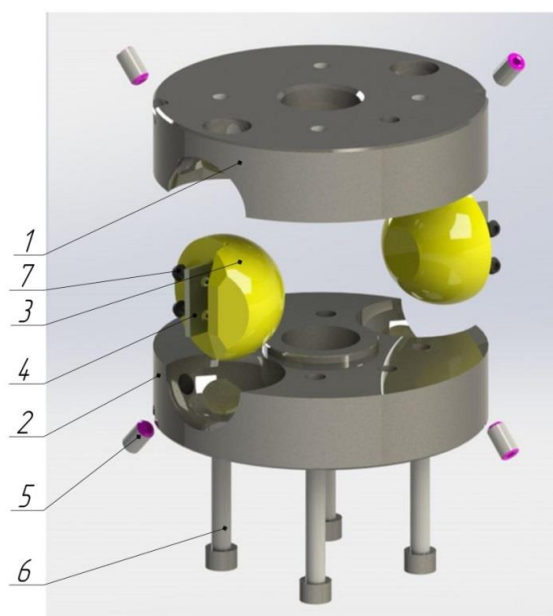


Рис. 1. Общий вид фрезы рефлексорной:  
1 – корпус правый; 2 – корпус левый; 3 – держатель ножа; 4 – нож (угол заточки  $40^\circ$ );  
5 – винт для фиксации держателя ножа; 6 – винт для фиксации частей корпуса;  
7 – винт для крепления ножа

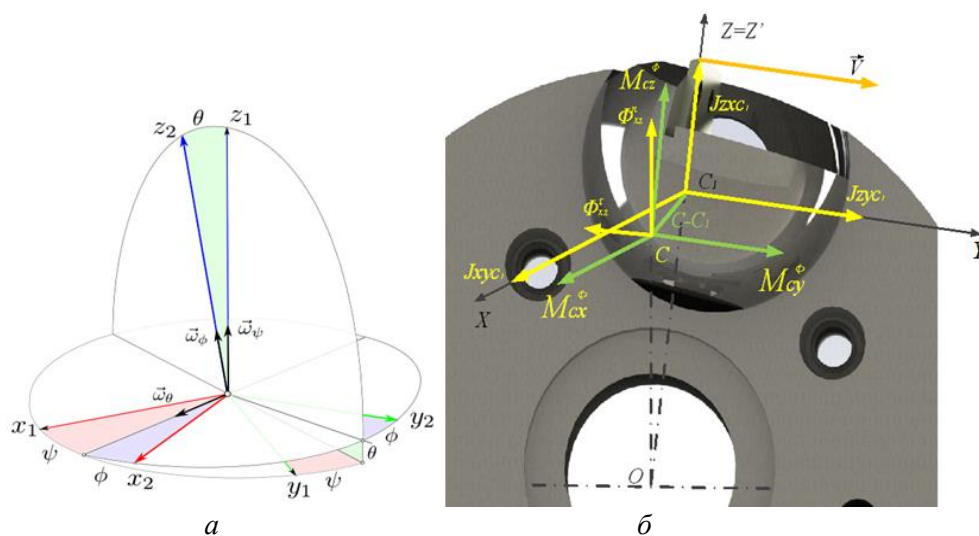


Рис. 2. Схема трёх последовательных поворотов держателя ножа (а);  
расчётная схема фрезы в режиме разгона/торможения (б);  
 $\psi$  – угол прецессии,  $\theta$  – угол нутации,  $\phi$  – угол собственного вращения

Таблица 1

Результаты расчёта инструмента во время разгона (торможения)

$\Phi$ , град	$\theta$ , град	$\Psi$ , град	$ \Phi_c $ , Н	$ \Phi_n  \cdot 10^3$ , Н	$ M_c^\phi $ , Н · м
0	0	0	0,187	3,358	580,829
		3	0,187	3,358	580,8
		6	0,187	3,358	580,711
		9	0,187	3,358	580,566

Окончание табл.

$\varphi$ , град	$\theta$ , град	$\psi$ , град	$ \Phi\tau $ , Н	$ \Phi n  \cdot 103$ , Н	$ \text{Мсф} $ , Н · м
0	3	0	0,186	3,356	580,829
		3	0,186	3,356	580,8
		6	0,186	3,356	580,711
		9	0,186	3,356	580,566
0	6	0	0,186	3,354	580,829
		3	0,186	3,354	580,8
		6	0,186	3,354	580,711
		9	0,186	3,354	580,566
0	9	0	0,186	3,353	580,829
		3	0,186	3,353	580,8
		6	0,186	3,353	580,711
		9	0,186	3,353	580,566
3	0	0	0,187	3,358	580,8
		3	0,187	3,358	580,711
		6	0,187	3,358	580,566
		9	0,187	3,358	580,364
6	0	0	0,187	3,358	580,711
		3	0,187	3,358	580,566
		6	0,187	3,358	580,364
		9	0,187	3,358	580,108
9	0	0	0,187	3,358	580,566
		3	0,187	3,358	580,364
		6	0,187	3,358	580,108
		9	0,187	3,358	579,108

По результатам расчёта программой Mathcad были построены графики зависимостей моментов инерции от углов и сделаны следующие выводы:

1. Момент силы инерции меняет своё значение при изменении углов в диапазоне от  $-4$  до  $4^\circ$ .

2. Максимальный момент силы инерции достигается при осевым угле  $0^\circ$  и равен  $580,829 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Но для более точного анализа работы инструмента необходимо произвести расчёт при его обработке. Для этого была составлена расчётная схема данного условия работы (рис. 3).

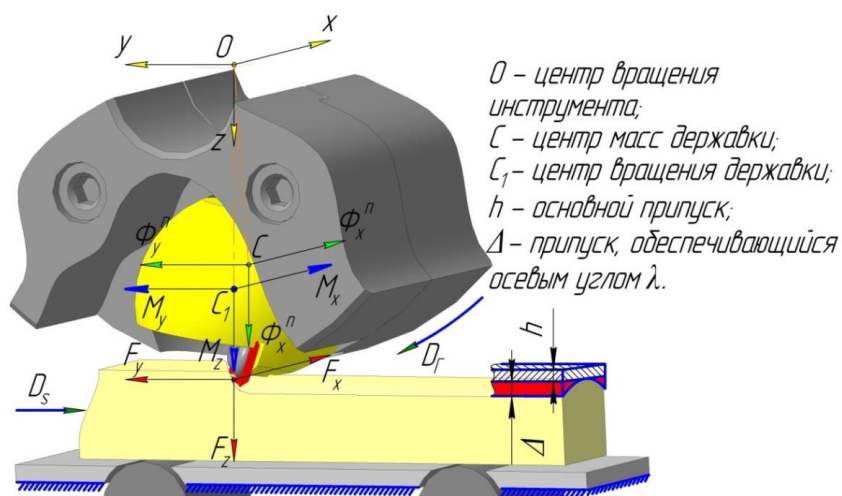


Рис. 3. Расчётная схема фрезы в режиме обработки материала

В программе MathCad произведём расчёт сил и моментов инерции в режиме обработки. При повороте ножа в осевом направлении мы сталкиваемся с тем, что нож врезается в материал не всей длиной режущей кромки, а постепенно на входе в материал и при его выходе.

В связи с этим возникает необходимость определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа из материала.

На рисунке 4 представлена расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа. Результаты расчёта устойчивости держателя ножа представлены в таблице 2.

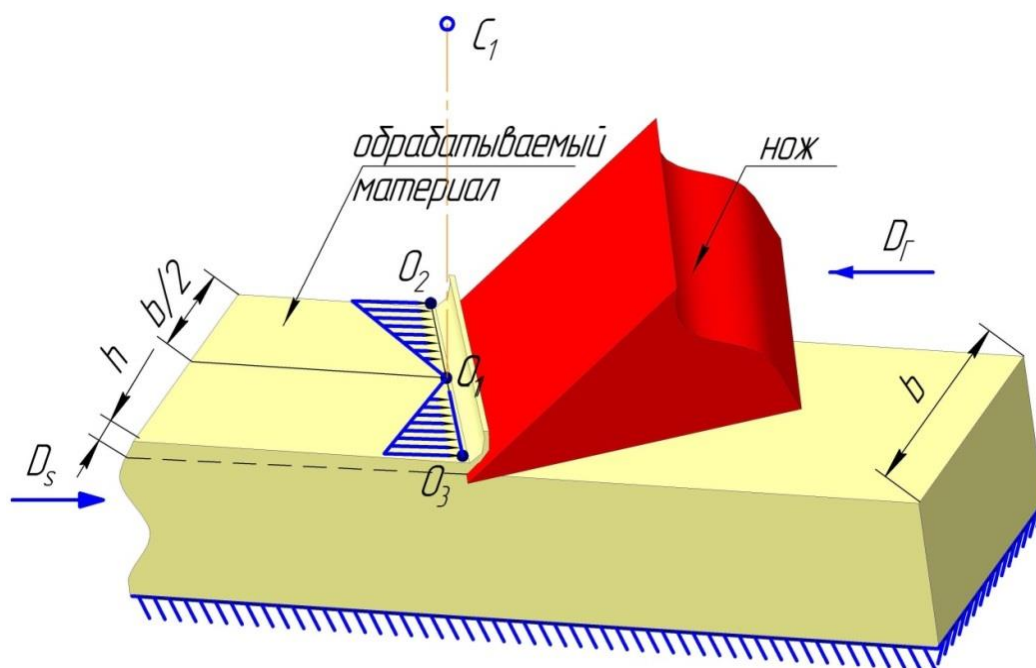


Рис. 4. Расчётная схема для определения моментов от сил резания при входе и выходе ножа в процессе обработки материала

Таблица 2

Результаты расчёта устойчивости держателя ножа

При работе всего ножа в материале				При входе ножа в материал			При выходе ножа из материала		
φ, град	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_x, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_y, \text{Н} \cdot \text{м}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$
0	-4,75	0	0	-4,75	1,44	2,88	-4,75	-1,44	-2,88
5	-4,75	-0,55	0	-6,017	0,77	3,091	-3,486	-1,87	-3,091
10	-4,75	-1	0	-5,404	0,2	3,097	-4,1	-2,2	-3,097
15	-4,75	-1,35	0	-4,05	-0,27	2,53	-5,454	-2,43	-2,53
20	-4,75	-1,6	0	-3,875	-0,64	2,3	-5,628	-2,56	-2,3
25	-4,75	-1,75	0	-4,86	-0,91	2,97	-4,64	-2,59	-2,97
30	-4,75	-1,8	0	-5,46	-1,08	3,59	-4,04	-2,52	-3,59

Проанализировав полученные значения моментов сил резания от осевого угла, видим, что максимальный момент составляет 6 Н · м при входе ножа в материал.



*Выводы*

1. Теоретические расчеты модели взаимодействия плоского ножа с обрабатываемым материалом показали работоспособность фрезы с рефлексными свойствами.
2. Сравнивая моменты во время разгона (торможения) инструмента ( $580 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ) и во время обработки материала ( $6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ) можно говорить о том, что оценку требуемых условий фиксации подвижных элементов с корпусом инструмента необходимо вести исходя из условия разгона (торможения), так как при этом режиме работы момент сил достигает наибольшего значения.
3. Предлагаемые 3D-модели фрезерования древесных материалов инструментом с прямыми ножами возможно применять в расчётах при конструировании и эксплуатации инструментов.

УДК 539.422.5

**А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко**  
(A.A. Grishkevich, V.N. Garanin, D.L. Bolochko)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)  
E-mail для связи с авторами: dosy@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА  
С ПРЯМЫМИ НОЖАМИ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

**THE APPLICATION TECHNOLOGY OF THE MILLING TOOL  
WITH STRAIGHT KNIVES FOR  
THE MANUFACTURE OF CURVED SURFACES**

*В настоящей работе представлена новая технология изготовления профильных поверхностей прямыми ножами на примере фрезерования древесины сосны. Цель представленной работы заключается в изучении возможностей использования предложенной технологии с выявлением различных ограничений создания и эксплуатации на примере рассматриваемого типа фрезерного инструмента. Приведены данные по исследованию износостойкости инструмента, где реализована данная технология. Положительные результаты показывают на эффективность использования предлагаемой технологии, позволяющей значительно снизить издержки при формировании профильных поверхностей из древесины.*

*In this paper, a new technology for manufacturing profile surfaces with straight knives is presented, for example, in milling pine wood. The purpose of the presented work is to study the possibilities of using the proposed technology with the identification of various limitations of creation and operation on the example of the type of milling tool being considered. Data on the study of the wear resistance of the tool are presented, where this technology is implemented. Positive results show the effectiveness of using the proposed technology, which allows to significantly reduce costs when forming the profile surfaces of wood.*

Производство изделий с криволинейными поверхностями из древесины и древесных материалов (столярных изделий, корпусной и каркасной мебели и др.) является широко используемой технологией. Изготовление указанных изделий осуществляется с помощью фрезерования. В данной работе рассмотрим получение радиусных профильных поверхностей.



Для получения криволинейных поверхностей в деревообработке используются различные конструкции цилиндрических фрез с рабочей частью, выполненной по криволинейной поверхности. Преимуществом фрезы *а* (рис. 1) является низкая стоимость, простота конструкции, но основным недостатком является фасонные сменные ножи, которые сложно переточить.

На данной фрезе можно получить только один профиль. Профильная фреза для формирования лицевой стороны с механическим креплением режущих пластин из стали Х6ВГ (Х12, ХВГ).



Рис. 1. Фрезы для получения радиусных поверхностей:  
*а* – фреза фирмы «Самсон»; *б* – фреза фирмы «Иберус-Киев»

Фреза сборная *б* (рис. 1) состоит из 5 корпусов отдельных фрез. Корпус выполнен для снижения массы из сплава на основе алюминия. Фреза оснащена износостойкими ножами из твердого сплава. Преимуществом данной фрезы является наличие сменных прямых ножей, которые относительно легко переточить. Недостатком данной фрезы является большая стоимость, большое количество ножей, сложная конструкция.

Существуют и другие конструкции фрез для получения радиусных поверхностей [1]. При данном способе цилиндрического фрезерования, обрабатываемый материал для удаления припуска подают с постоянной скоростью  $V_s$  (м/мин) на вращающийся с окружной скоростью  $V$  (м/с) инструмент так, что численное отношение  $V_s/V$  составляет от 30 до 100, режущая кромка, формирующая поверхность обработки, расположена параллельно оси вращения инструмента, а направление подачи перпендикулярно оси вращения. При этом передний угол  $\gamma \geq 5$  град, задний угол  $\alpha \geq 15$  град и угол заострения  $\beta$  выбираются в зависимости от вида обрабатываемого материала (березы, сосны, дуба, древесно-стружечной плиты и т. д.) и расположения его волокон [2].

Сущность предлагаемого технического решения заключается в формировании требуемой фигуры вращения в виде вогнутой поверхности за счет скрещивающихся прямых линий – оси вращения и режущей кромки. Это позволяет существенно упростить заточку ножей и повысить качество обрабатываемой поверхности за счет уменьшения размера неровностей поверхности, формируемых воздействием различных ножей в составе одного и того же инструмента.

Установка прямой режущей кромки под углом  $\theta$  к направлению подачи приводит к тому, что радиус фигуры вращения, образованной этой кромкой, плавно меняется по ширине обрабатываемого материала на некоторую величину  $\Delta$ , зависящую от  $\theta$  (рис. 2). Чем больше  $\theta$ , тем больше кривизна образующей формируемой фигуры вращения, и тем больше кривизна сопряженной с ней обрабатываемой поверхности.  $\Delta$  и  $\theta$  связаны

строгим математическим выражением, поэтому  $\theta$  легко определить, если задана величина изменения высоты профиля обрабатываемого материала на ширине  $B$ .

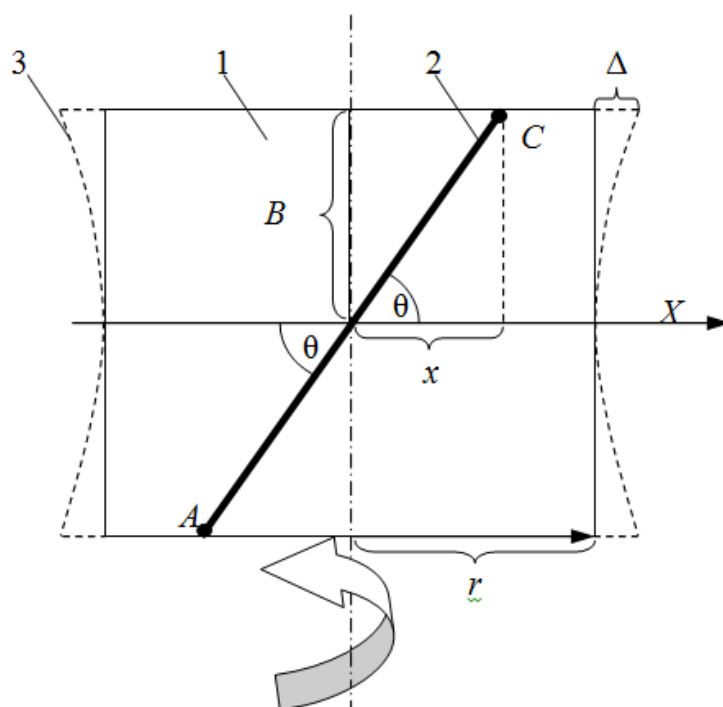


Рис. 2. Вид фрезы сверху:

$x$  – смещение;  $\theta$  – угол подачи;  $\Delta$  – изменение радиуса;  
 $A$  – точка врезания;  $B$  – ширина;  $C$  – точка выхода;  $X$  – направление подачи;  
 $1$  – корпус фрезы;  $2$  – режущая кромка;  $3$  – фигура вращения

В большинстве случаев не требуется строгого соответствия формы профиля обрабатываемой поверхности дуге окружности определенного радиуса. Заявляемый способ обеспечивает формирование профиля, близкого к параболе. Дуга этой параболы в данном случае очень близка по форме к дуге окружности.

Однако управлять кривизной дуги при реализации заявляемого способа очень легко путем изменения  $\theta$  без замены комплекта ножей. В случае же использования обычного инструмента изменение кривизны формируемой поверхности достигается только заменой комплекта ножей и, как правило, фрезы в целом.

Заточка ножей с прямолинейной кромкой максимально проста и не требует сложного технологического оборудования, как в случае прототипа. Количество удаляемого материала при заточке прямой кромки меньше чем при заточке криволинейной. Это связано с тем, что для точного воспроизведения исходного профиля криволинейной режущей кромки количество удаляемого материала обратно пропорционально косинусу угла, формируемого дугой криволинейной кромки – с увеличением длины дуги и уменьшением радиуса ее кривизны количество материала, удаляемого при заточке, увеличивается. И если дуга опирается на угол, равный  $\pi$ , переточка с точным сохранением исходного профиля становится невозможной – по краям дуги удаление материала возможно только с увеличением радиуса кривизны.

Таким образом, допустимое количество переточек ножей фрезы при использовании заявляемого способа фрезерования фасонных поверхностей возрастает за счет уменьшения количества удаляемого материала в процессе одного цикла заточки. В результате общий срок службы ножей возрастает.

Кроме того, установка режущей кромки под углом к направлению подачи облегчает процесс фрезерования за счет того, что он протекает в меньших ударных нагрузках. Воздействие режущей кромки с обрабатываемым материалом происходит при перемещении области их взаимодействия от точки врезания на одном краю материала до точки выхода на другом.

Это уже не единовременное взаимодействие по всей ширине, как в случае прототипа. Это уменьшает ударные нагрузки на режущую кромку и, соответственно, скорость ее износа, что позволяет дополнительно повысить срок службы инструмента. Установка ножей с прямой кромкой в корпус фрезы проще установки ножей с фасонной кромкой, так как не требует сложного процесса выравнивания профиля в составе одного комплекта.

Следует отметить, что согласно ГОСТу 25762-83 [3] необходимо различать статические и кинематические передние и задние углы резания ( $\gamma_c$ ,  $\alpha_c$ ,  $\gamma_k$ ,  $\alpha_k$  соответственно), которые измеряются соответственно в статической и кинематической основных плоскостях.

Установка ножей под углом к направлению подачи материала дополнительно связана и с уменьшением силы при образовании стружки. В то же время передний и задний углы в кинематической плоскости становятся переменными величинами в течение взаимодействия режущей кромки с материалом. В начальный момент времени в точке врезания  $\gamma_k$  минимален, по мере формирования стружки он возрастает и достигает максимума на выходе режущей кромки из материала.

Задний угол  $\alpha_k$  в точке врезания максимален, по мере формирования стружки он уменьшается и достигает минимума на выходе режущей кромки из материала. Поскольку оптимальный режим резания обеспечивается при кинематических углах  $\alpha_k \geq 15$  град,  $\gamma_k \geq 5$  град, то для обеспечения требуемой величины этих параметров  $\gamma_k \geq 5$  град задается в точке врезания, а  $\alpha_k \geq 15$  град задается в точке выхода режущей кромки из обрабатываемого материала. Это позволяет осуществлять процесс фрезерования в оптимальных режимах по всей обрабатываемой поверхности.

Таким образом, предлагаемый способ существенно упрощает технологический процесс изготовления фасонного профиля и позволяет повысить качество обрабатываемой поверхности.

На рисунке 3 приведено схематическое изображение поперечного сечения фрезы с ножом, установленным под углом к направлению подачи материала. На корпус фрезы 1 установлен нож с режущей кромкой 2 под углом подачи  $\theta$  к направлению подачи  $X$  обрабатываемого материала. Вращение режущей кромки 2 вокруг оси вращения  $O$  формирует фигуру вращения 3 в виде криволинейной поверхности.

На вогнутом участке радиус  $r$  фигуры вращения 3 минимален, изменение радиуса  $\Delta$  фигуры вращения 3 на ширине  $B$  обрабатываемого материала при приближении к основанию поверхности вращения обусловлено смещением  $x$  края режущей кромки в направлении подачи  $X$ . Направление вращения фрезы показано фигурной стрелкой. При подаче обрабатываемого материала в направлении  $X$  режущая кромка врезается в материал в точке  $A$ . По мере вращения фрезы и подачи материала область взаимодействия режущей кромки с обрабатываемым материалом перемещается по длине фрезы в точку выхода  $C$  с образованием фасонного профиля материала, сопряженного с фигурой вращения 3.

Таким образом, при реализации заявляемого способа задаются требуемые параметры профиля: ширина  $B$  и изменение радиуса  $\Delta$  фигуры вращения. Затем с учетом радиуса  $r$  фигуры вращения рассчитывается требуемое значение угла подачи  $\theta$ . Ножи устанавливаются в корпус фрезы с соблюдением заявляемых значений установочных углов  $\gamma$  и  $\alpha$ , после чего проводится обработка материала.

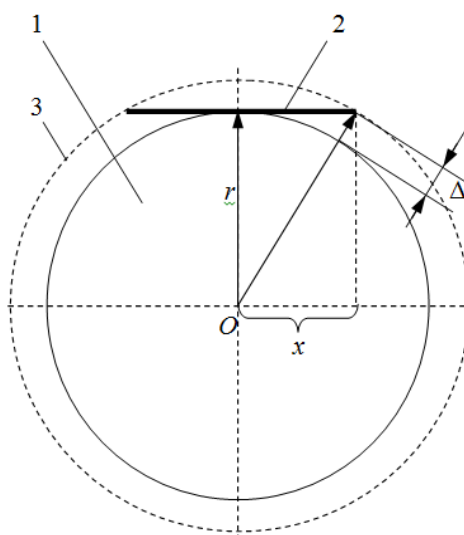


Рис. 3. Поперечное сечение фрезы:

1 – корпус фрезы; 2 – режущая кромка; 3 – окружность резания (фигура вращения);  
O – ось вращения;  $r$  – радиус;  $\Delta$  – изменение радиуса;  $x$  – смещение

При проектировании инструмента предлагаемого решения угол наклона кромки  $\lambda$  к направлению подачи необходимо определять из выражения:

$$\theta = \arctg \frac{B}{\sqrt{2r\Delta + \Delta^2}}. \quad (1)$$

При этом минимальный радиус резания  $r$  определяется исходя из неравенства:

$$r \geq \frac{V}{\omega}, \quad (2)$$

где  $V$  – скорость резания материала, м/с;  
 $\omega$  – частота вращения шпинделя,  $\text{с}^{-1}$ .

При проектировании инструмента статический главный задний угол  $\alpha_c$  и статический главный передний угол  $\gamma_c$  на радиусе резания  $r$  (с целью соблюдения на всей длине обработки профиля статических главных заднего и переднего углов  $\alpha_c > 10$  град и  $\gamma_c > 5$  град) необходимо выбрать исходя из следующих неравенств:

$$\gamma_k(0) \geq \arctg \left[ \tg \left( 5 \frac{\pi}{180} - \chi \right) \sin \theta \right], \quad (3)$$

$$\alpha_k(0) \geq \arctg \left[ \frac{\tg \left( 10 \frac{\pi}{180} + \chi \right)}{\sin \theta} \right], \quad (4)$$

где  $\chi = \arctg \frac{x \operatorname{ctg}(\theta)}{r}$ ;

$x$  – удаление осевой координаты режущей кромки  $x = [B/2; -B/2]$  (рис. 4).

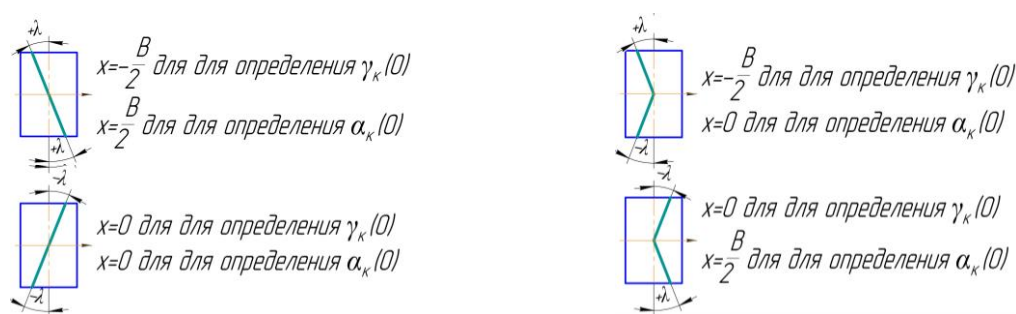


Рис. 4. Способ выбора  $x$  при определении углов по формулам (3) и (4)

### Постановка эксперимента

Для выполнения испытаний инструмента с предлагаемым способом обработки изделий из древесины была использована экспериментальная установка на базе машины Unimat 23EL, а также инструмент, который описан в работе [4].

Были определены два профиля деталей с симметричной шириной ( $2B$ ) 20 см (изделия типа 1 и типа 2) при изменении высоты профиля ( $\Delta$ ) 5 мм (изделие типа 1) и 8 мм (изделие типа 2). Расчетные значения  $\theta$  при этом составили 69 и 63,5 град соответственно. Обработку проводили при скорости подачи 20 м/мин и скорости вращения инструмента 8 000 мин<sup>-1</sup>. Угол заострения ножа  $\beta = 38$  град. В точке врезания задавали передний угол  $\gamma_k = 10$  град для изделий обоих типов. Задний угол  $\alpha_k = 15$  град задавали в точке выхода ножа из обрабатываемого материала, когда он минимален, что обеспечивало выполнение неравенства  $\alpha_k \geq 15$  град. Минимальный радиус ( $r$ ) фигуры вращения режущей кромки составил 150 мм, а минимальный припуск на обработку – 2 мм.

В процессе подготовки необходимо было обеспечить радиус округления режущих кромок 6–8 мкм (согласно работе [5]), постоянство угла заострения  $\beta (\pm 1^\circ)$ , прямолинейность кромок (0,05 мм на длине 1 000 мм) и шероховатость заточенных поверхностей (параметр  $Ra$  не должен превышать 32–63 мкм). Ножи восстанавливались путем снятия слоя материала с передней поверхности. Заточка проводилась периферией шлифовального круга чашечной формы (марка АС 100СМ1К8 ПП 140 × 20 × 32). В этом случае площадь контакта круга с ножом минимальна, и опасность перегрева уменьшается. Контроль качества подготовки инструмента заключался в измерении угла заострения, равномерности ширины ножа и остроты режущей кромки. Угол заострения измеряли угломером с точностью до 0,1. Ширину ножа (мм) измеряли штангенциркулем у краев ножа. Разность результатов измерения делили на длину ножа (мм) и умножали на 1 000. Относительная погрешность ширины не превышала 0,1 мм на длине 1 000 мм.

При проведении эксперимента стойкость инструмента во время обработки древесины сосны влажностью  $12 \pm 1$  % определялась количеством обработанного материала после восстановления ножей до роста мощности на обработку на 50 %. При этом визуально контролировалось качество обработанных поверхностей. Результаты испытаний представим в таблице.

### Сравнительные характеристики качества продукции

Тип ножей	Тип изделий	Кол-во продукции высшего сорта, %	Средняя стойкость ножей до восстановления, м. пог.	Срок службы ножей, м. пог.	Кол-во переточек
Плоские	1	95	6 549	124 431	19
	2	91	7 347	146 940	20
	1	73	5 352	80 280	15

Окончание табл.

Тип ножей	Тип изделий	Кол-во продукции высшего сорта, %	Средняя стойкость ножей до восстановления, м. пог.	Срок службы ножей, м. пог.	Кол-во переточек
	2	69	4 837	72 555	15

#### *Выводы*

Из приведенных данных видно, что предлагаемый способ обеспечивает более высокое качество обработки поверхности при одновременном увеличении периода стойкости ножей. Кроме того, поскольку трудоемкость переточки фасонных ножей выше чем прямых, общие трудозатраты на восстановление инструмента при использовании заявляемого способа существенно ниже.

Таким образом, получение радиусных поверхностей прямыми ножами позволяет не только снизить трудозатраты на фрезерование, но, как и при использовании упрочняющих технологий, повысить период стойкости дереворежущего инструмента. Данный факт был отражен в заявке на патент [6].

#### **Библиографический список**

1. Кузнецов И.И. Способ обработки детали: пат. 2351441 Рос. Федерация; Оpubл. 10.04.2009. Бюлл. 10.
2. Кряжев Н.А. Фрезерование древесины. М.: Лесная промышленность. 1979. 200 с.
3. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий: ГОСТ 25762-83. Введ. 01.07.84. М.: Госстандарт, 1983. 45 с.
4. Новая конструкция энергоэффективного фрезерного инструмента с изменяемыми углами передним и наклона кромки для обработки древесных материалов / А.А. Гришкевич, В.В. Раповец, В.Н. Гаранин, А.Ф. Аникеев // Вестник БарГУ. Барановичи. 2015. Вып. 3.
5. Исследование затупления двухлезвийного режущего инструмента фрезерно-брусующих станков и его влияние на касательную силу резания / С.А. Гриневич, В.В. Раповец, Г.В. Алифировец // Труды БГТУ. 2015. Сер II (175): Лесная и деревооб- раб. пром-сть. С. 258–262.
6. Способ изготовления профильных деталей из древесины и древесных материа- лов с использованием плоских ножей: заявка № а20170511 от 28.12.2017г. / А.В. Белый, А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, С.Ф. Сенько.

**УДК 674.05:631.06**

**А.А. Гришкевич, В.Т. Швед, А.Ю. Юдицкий**  
(А.А. Grishkevich, V.T. SHved, A.YU. YUdickij)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@mail.ru

#### **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

#### **THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL REGIMES ON THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF GRINDING WOOD**

*В настоящей работе представлены результаты исследований влияния режимов резания (скоростей резания и подачи, припуска на обработку) на полную и полезную*

мощность. Установлено, какие из режимов не рекомендуется использовать при шлифовании ввиду того, что на поверхности обработанного материала появлялись прижоги в виде темно-коричневых и черных пятен, что свидетельствует об уменьшении производительности инструмента до критической величины и полной потере его режущей способности.

*В статье рассматривается вариант возможного увеличения периода стойкости шлифовальной ленты, и, как следствие, производительности процесса. Предложено устройство по удалению продуктов резания из пространства между зернами шлифовальной ленты.*

*In the real work results of researches of influence of the modes of cutting (speeds of cutting and giving, an allowance for processing) on full and useful power are presented. It is established what of the modes aren't recommended to be used when grinding in view of the fact that on the surface of the processed material there were przhog in the form of dark brown and black spots that demonstrates reduction of productivity of the tool up to the critical size and full loss of his cutting ability.*

*In article the option of possible increase in the period of firmness of a sanding belt, and, as a result, process productivities is considered. The device on removal of products of cutting from space between grains of a sanding belt is offered.*

В повышении производительности и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования важное значение имеет качество подготовки дереворежущего инструмента к работе, в том числе и шлифовального.

При работе на деревообрабатывающем оборудовании при шлифовании древесины и древесных материалов приходится сталкиваться с проблемой потери режущей способности дереворежущего инструмента в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания, что в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления и ухудшение качества обработанной поверхности.

В силу ряда особенностей (непостоянного большого количества участвующих в резании зерен-резцов, неупорядоченности геометрии зерен-резцов и срезаемых ими слоев) шлифование следует рассматривать как специфический процесс резания, к описанию которого не могут быть непосредственно применены закономерности обычного лезвийного резания [1]. Дальнейшее изучение факторов, влияющих на выходные (оценочные) показатели процесса шлифования (силы резания, мощность, качество обработанной поверхности), в основном связано с экспериментальными исследованиями. Актуальной остается и задача увеличения периода стойкости шлифовального инструмента (шлифовальной шкурки), следствием решения которой является увеличение производительности процесса и ресурсосбережения. Это возможно за счёт очистки шлифовальной ленты в процессе её работы, что улучшит её режущие характеристики, а следовательно, увеличит срок её эксплуатации.

Однако использование для очистки ленты воздушных сопел, применяемых в базовой комплектации станка, не обеспечивает достаточной очистки, так как мощность их не велика, а удаление остатков продуктов резания требует больших усилий для отделения их от основы [2].

Количество активных, то есть взаимодействующих с обрабатываемой поверхностью зерен зависит от зернистости инструмента, степени округления абразивных зерен, площади контакта с обрабатываемым материалом [3].

Известны ранее проводимые экспериментальные исследования по изучению влияния касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины и дре-

весных материалов на мощность резания – путем статического нагружение материала шлифовальной шкуркой (рис. 1) [4].

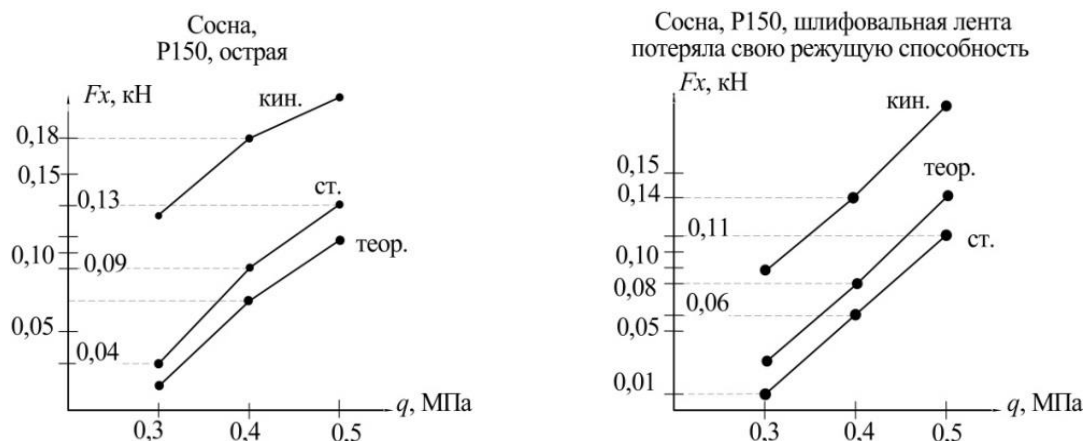


Рис. 1. Зависимость влияния зернистости шлифовальной шкурки и удельного давления на касательную составляющую силы резания при шлифовании древесины сосны

Исходя из данных, полученных в результате эксперимента, сделан вывод, что при увеличении давления касательная составляющая силы увеличивается.

Это связано в первую очередь с увеличением силы трения при взаимодействии древесины с зернами шлифовальной ленты, а также с заполнением пространства между зернами остатками продуктов резания, которые в результате взаимодействия с обрабатываемым материалом приводят к увеличению сил трения, повышая тем самым мощность резания.

Следует отметить, что эксперимент проведен в *статическом* режиме шлифования с целью определения (выделения) как можно точнее силы резания, приходящейся на деформацию обрабатываемого материала.

Учитывая ранее полученные данные в работе [4], авторами были проведены экспериментальные исследования по изучению режимов шлифования древесины сосны в реальном *динамическом* режиме на мощность резания и производительность инструмента. Определены возможные пути увеличения периода стойкости шлифовальной шкурки.

Для проведения эксперимента использовалась фрезерно-шлифовальная машина Buldog FRC 910, предназначенная для шлифования натуральной древесины, древесно-пластиковых композитов, плитных материалов (ДСП, ДВП, МДФ, фанеры и др.) а также некоторых видов пластика. В эксперименте использовался калибровально-шлифовальный узел машины (рис. 2).

Поверхность вала 1 обрешинена, и на ней расположены спиральные пазы. Регулирование вала по высоте (положения 1 и 2 на корпусе узла поз. 2) на необходимую величину припуска, равного 0,2 и 0,3 мм, удаляемого за один технологический цикл, осуществляется при помощи установленного эксцентрика, который управляется с сенсорной панели. Опора узла – поз. 3. Замена шлифовальной ленты 4 производится с помощью рычага 5, который регулирует положение верхнего направляющего вала.

В движение калибровальный узел приводится при помощи электродвигателя переменного тока мощностью 11 кВт и поликлиноремной передачи.

Шлифовальный калибровальный узел оснащен механизмом осцилляции. Осцилляция шлифовальной ленты 4 управляется оптоэлектронным способом, контролирующей датчик работает с тремя инфракрасными лучами: средний осуществляет



управление осцилляцией, крайние (правый и левый) выполняют функцию концевых выключателей. Частота осцилляции колеблется от 30 до 60 импульсов в минуту.

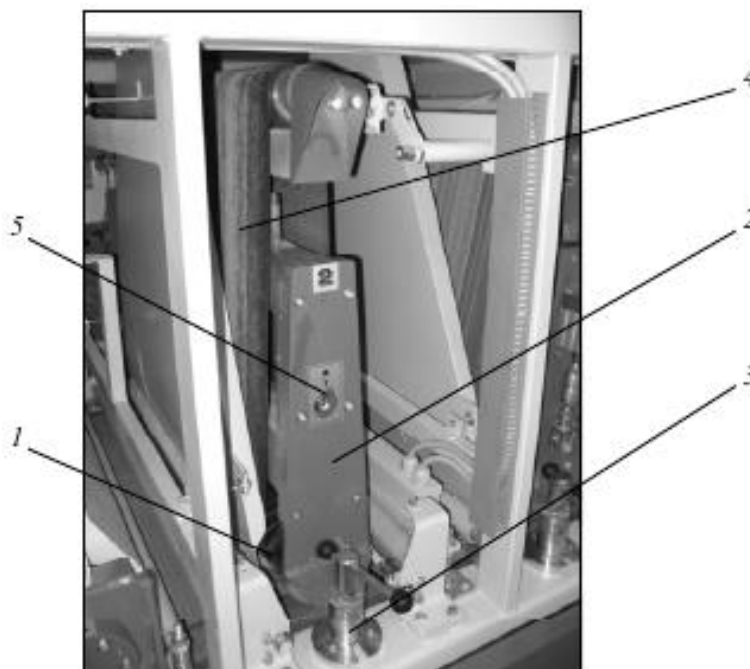


Рис. 2. Калибровально-шлифовальный узел

В то время как заготовка обрабатывается калибровально-шлифовальным узлом от установленного на электродвигателе датчика идёт сигнал на персональный компьютер, и при помощи программного обеспечения происходит измерение потребляемой мощности.

Режимы для проведения эксперимента: скорости резания и подачи, номер зернистости шлифовальной ленты, параметры заготовки были выбраны исходя из того, какие наиболее используются на деревообрабатывающих предприятиях.

При проведении эксперимента измерялась потребляемая мощность при шлифовании материала определенной длины погонных метров, то есть не новым инструментом, а постепенно теряющей свою режущую способность лентой.

*При изменении технологических режимов (скорости подачи  $V_s$ , припуска  $H$ ) шлифовальная лента не менялась.* Результаты второго этапа эксперимента представлены в виде таблицы.

Анализ графика зависимости полезной мощности  $P_{пол}$ , кВт, от длины обрабатываемого материала м. пог. по результатам эксперимента (рис. 3), где обработка на всех режимах производилась лентой, постепенно теряющей свою режущую способность, показывает, что при скорости подачи  $V_s = 8$  м/мин и припуске на обработку  $H = 0,2$  мм начинается обугливание материала (прижоги). Когда скорость подачи равна  $V_s = 8$  м/мин и припуск на обработку  $H = 0,3$  мм, полезная мощность стремительно возрастает от  $P_{пол} = 11,12$  кВт до  $P_{пол} = 13,20$  кВт с увеличением длины обрабатываемого материала.

Из полученных результатов следует, что сила трения между продуктами резания и поверхностью шлифуемого материала, возникающая в результате недопустимой величины заполнения пространства между зернами, оказывает существенное влияние на увеличение полезной мощности.

Результаты второго этапа эксперимента

Зернистость	P150					
$V$ , м/с	18	18	18	18	18	18
$V_s$ , м/мин	4	4	6	6	8	8
Порода	Сосна					
Припуск $h$ , мм	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Размеры						
Ширина $b$ , мм	150	150	150	150	150	150
Длина $l$ , мм	1 000					
Мощность холостого хода $P_{хол}$ , кВт	0,93	0,86	0,90	0,88	0,85	0,92
	0,92	0,88	0,89	0,85	0,83	0,83
	0,9	0,85	0,86	0,9	0,9	0,85
	0,91	0,86	0,86	0,88	0,83	0,87
	0,91	0,88	0,87	0,9	0,75	0,81
Потребляемая мощность, $P_{рез}$ , кВт	2,45	4,9	5,24	5,91	9,56	10,02
	2,75	5,64	5,54	6,36	9,74	10,3
	2,88	6,1	5,83	6,97	10,56	11,12
	2,98	6,41	6,05	7,57	10,63	12,32
	3,1	6,97	6,48	7,92	11,11	13,56
Полезная мощность, $P_{пол}$ , кВт	1,52	4,04	6,34	8,03	10,25	11,12
	1,83	4,76	6,65	8,51	10,34	11,47
	1,98	5,25	6,97	9,07	10,66	12,27
	2,07	5,55	7,19	9,69	10,8	12,45
	2,19	6,09	7,61	10,02	10,96	13,2
Примечания	—	—	—	—	Прижоги	Прижоги

Предлагается механизм очистки шлифовальной ленты от остатков продуктов резания, который превосходит предыдущие конструкции по качеству удаления и эффективности. Суть его заключается в удалении продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время её работы путем механического воздействия (ударами) на неё с рабочей стороны (рис. 4).

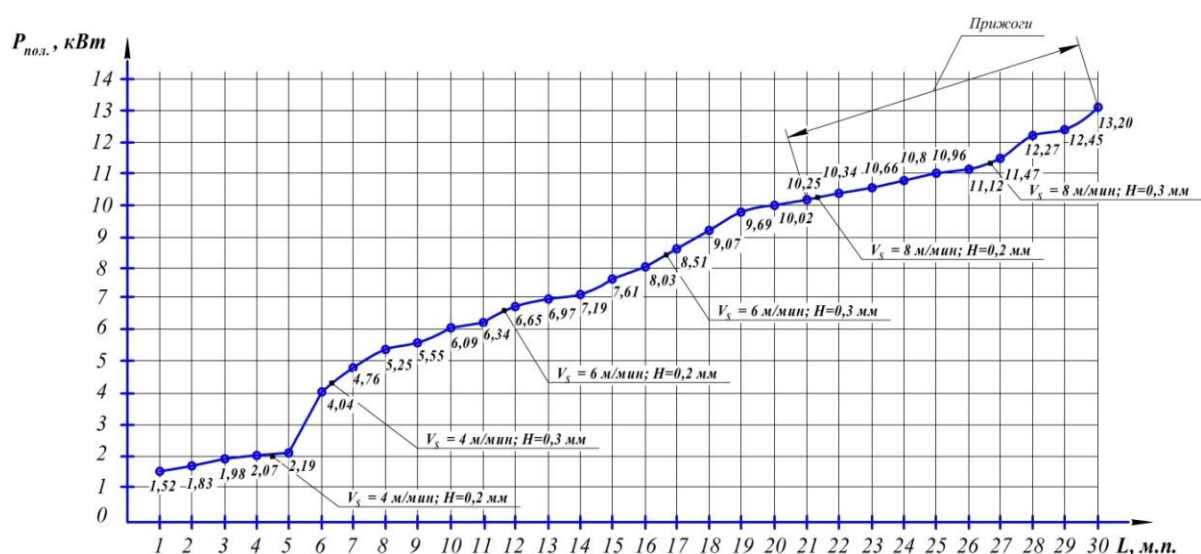


Рис. 3. График зависимости полезной мощности  $P_{пол}$ , кВт от длины обрабатываемого материала м. п. по результатам второго этапа эксперимента



3. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины: учеб. пособие [для студентов ВТУЗОВ по специальности «Машины и механизмы лесной и деревообрабатывающей промышленности»]. Минск: Вышэйшая школа. № 75. 304 с.

4. Костюк О.И. Результаты экспериментальных исследований по определению касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины // Труды БГТУ. Минск: БГТУ, 2016. № 2 (184). С. 281–284.

УДК 674.914:674.338

**И.К. Клепацкий, В.В. Раповец**

(I.K. Klepackij, V.V. Rapovets)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@bstu.unibel.by

### **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ**

### **INCREASE OF WEAR RESISTANCE OF KNIVES OF CHIPPER-CUTTER MACHINE TOOLS**

*В статье рассмотрена технология фрезерования малоножевыми торцово-коническими фрезами, её специфика и проблематика [1–8].*

*Проведён анализ известных на данный момент технологий упрочнения поверхности дереворежущих ножей из легированной стали. Изучены изменения, происходящие в структуре металла. Учитывая технические возможности реализации проведения экспериментальных исследований в лабораториях республики, предложены несколько вариантов технологий по улучшению показателей стойкости дереворежущего инструмента, применяемого на малоножевых фрезах фрезерно-брусующих станков отечественных деревообрабатывающих предприятий.*

*Changing the working conditions of the tool in each particular case leads to a change in the characteristics of the cutting process. To optimize high-speed processes it is necessary to model and develop methods for constructing the main dependencies of the technical and economic characteristics of such processes [1–8].*

*The article deals with the technology of milling with small knife end-conical mills, its specialty and problems.*

*The analysis of currently known technologies for hardening the surface of wood-cutting knives from alloy steel is carried out. The changes occurring in the structure of the metal are studied. Taking into account the technical possibilities of carrying out experimental research in the laboratories of the republic, several variants of technologies for improving the indices of the durability of the woodcutting tool used on small knife milling cutters of milling and balancing machines of domestic de-processing enterprises are proposed.*

Постоянно возрастающие требования в области энергосбережения, реализации новых ресурсосберегающих технологий и материалов, высокоэнергетических технологий обработки материалов и методологии рационального природопользования представляют собой первостепенную задачу для лесной и деревообрабатывающей промышленности многих стран. Сюда включаются увеличение объемов выпускаемой пилопродукции и технологической щепы, производства плитных материалов (ДСтП, ДВП, МДФ и др.).

Существенный вклад в решение обозначенных проблем вносят методы комплексной (агрегатной) обработки древесины, получившие широкое распространение не только в Республике Беларусь, но и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Эти методы предусматривают попутное получение пилопродукции (двухкантный и четырехкантный брус, обрезные и необрезные доски) из центральной зоны бревна и технологической щепы из боковой горбыльной его зоны. При этом исключается необходимость в транспортировке кусковых отходов. Применение таких методов позволяет увеличивать производительность труда, более полно использовать лесосырьевые ресурсы и в целом упростить технологический процесс. Такие методы обработки древесины наиболее технологичны и экономически оправданы. Из древесины (бревен) целесообразно получать мелкую пилопродукцию, а оставшуюся часть перерабатывать на технологическую щепу. Если на самых лучших рубильных машинах из реек получают до 90 % технологической щепы, пригодной для варки целлюлозы, то щепа от агрегатных установок пригодна для этих целей почти полностью.

В Беларуси и других странах к настоящему времени проведен ряд научных исследований по вопросам улучшения работы агрегатного оборудования. Однако все возрастающие требования к качеству продукции из древесины, рациональное и экономное использование сырья требуют новых разработок, направленных на совершенствование агрегатного оборудования, улучшение показателей его работы, а также создание новых образцов агрегатов, позволяющих более эффективно перерабатывать древесное сырье.

Длина щепы при фрезеровании определяется величиной подачи. Частицы древесины скалываются вдоль волокна передней гранью ножа (рис. 1).

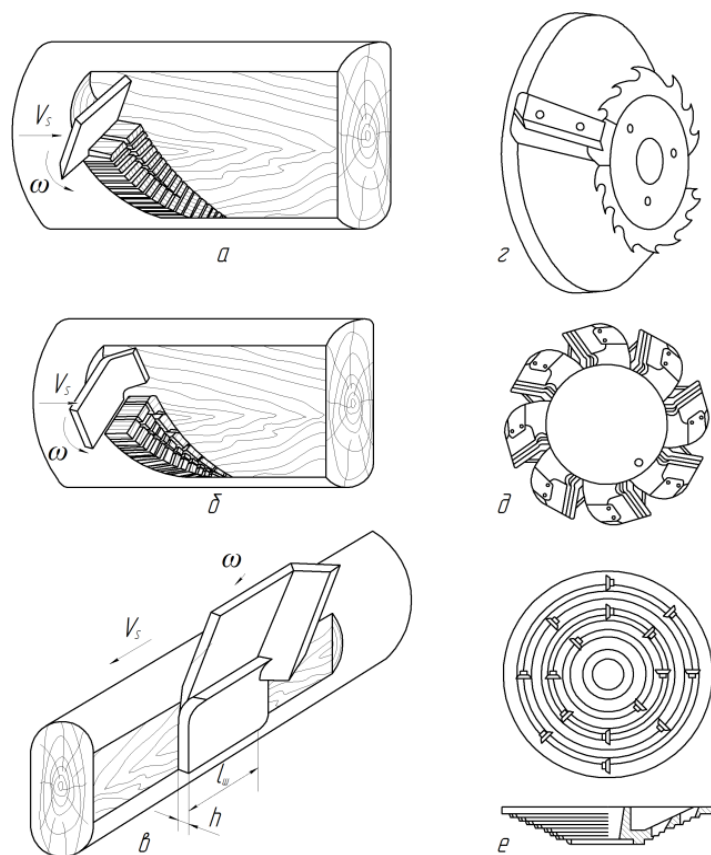


Рис. 1. Схема образования элементов щепы малоножевыми и многолезцовыми фрезами

Толщина щепы непостоянна при обработке малоножевыми фрезами (рис. 1, а). Она зависит от состояния сырья, физико-механических свойств древесины и других факторов. При таком виде фрезерования поверхность бруса образуется не резанием, а скалыванием частиц. Отделяемые от бруса вдоль волокон частицы создают на его поверхности характерные неровности. В малоножевых торцово-конических фрезах для улучшения качества поверхности бруса дополнительно устанавливаются зачистные пильные диски (рис. 1, з), которые засоряют щепу опилками.

Другая конструкция малоножевой фрезы снабжена двухлезвийным Г-образным ножом (рис. 1, д). Один конец плоского ножа здесь отгибается на длину щепы и образует второе, короткое, лезвие, которое должно быть строго параллельно пласти бруса. При фрезеровании бревен таким ножом (рис. 1, б) длинное лезвие перерезает древесину поперек волокон и скалывает частицы, а короткое подрезает щепу вдоль волокон у пласти бруса. Благодаря этому улучшается не только качество поверхности бруса, но и щепы, которая не засоряется опилками.

На практике получили распространение многорезцовые торцово-конические фрезы (рис. 1, е), которые позволяют получать щепу с заданной не только длиной, но и толщиной. Такие фрезы также имеют Г-образные ножи, однако образование элементов щепы здесь происходит иначе (рис. 1, в). Ножи, расположенные с превышением на толщину щепы, последовательно входят в древесину один за другим. Длинное лезвие движется параллельно пласти бруса и отрезает тонкий слой древесины, равный заданной толщине щепы. Короткое лезвие перерезает древесину поперек волокна и скалывает частицы заданной длины. Процесс измельчения древесины в щепу таким резцом представляет собой комбинацию лущения и торцово-поперечного резания. Высокая скорость фрезерования в сочетании с малой толщиной срезаемого слоя древесины улучшает чистоту обработки поверхности бруса. Однако качество щепы, которую называют иногда параллельной, снижается (рис. 1).

Традиционно режущий инструмент фрезерно-брусующих станков изготавливают из различных инструментальных сталей, например, углеродистой стали У8А, инструментальных легированных сталей 6ХС и 9ХС повышенной прокаливаемости, применяются высоколегированные стали марок 4Х5МФ, 55Х6В3СМ и 55Х7ВСМФ. Для фрезерно-брусующих станков также рекомендуются легированные инструментальные стали марок 6Х6В3МФС и 5Х3В3МФС. Инструмент подвергают термической обработке с обеспечением твердости в единицах по HRC 57-61.

Малоножевая торцово-коническая фреза представляет собой стальной корпус в форме усеченного конуса 1, установленными на нём пильными секторами 2 для предотвращения появления опережающих трещин. Как следствие, улучшается качество щепы и поверхности обработки, ножа (рис. 2) из легированной стали 3 (рис. 3).

Малоножевые торцово-конические фрезы позволяют получать щепу наиболее высокого качества, которая по своим параметрам близка к щепе от рубительных машин. Объемная масса щепы здесь составляет  $155\text{--}156\text{ кг/м}^3$ , а от рубительных машин –  $158,6$ .

Изнашивание дереворежущего инструмента является сложным процессом и одной из особенностей выделяют вовлечение в износ тонких поверхностных слоёв и развитие его в локальных зонах, расположенных у режущей кромки инструмента. Данная характеристика процесса предопределяет необходимость упрочнения режущего инструмента в зонах с активным износом, так как за их границами свойства материала не играют роли в затуплении инструмента. С точки зрения экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов упрочняющей обработке по улучшению свойств материала следует подвергать только локальную поверхность инструмента, непосредственно участвующую в резании. Тем не менее при заточке ножей необходимо удалять металл по всей длине лезвия, что нерационально (рис. 4).



Рис. 2. Нож из легированной стали

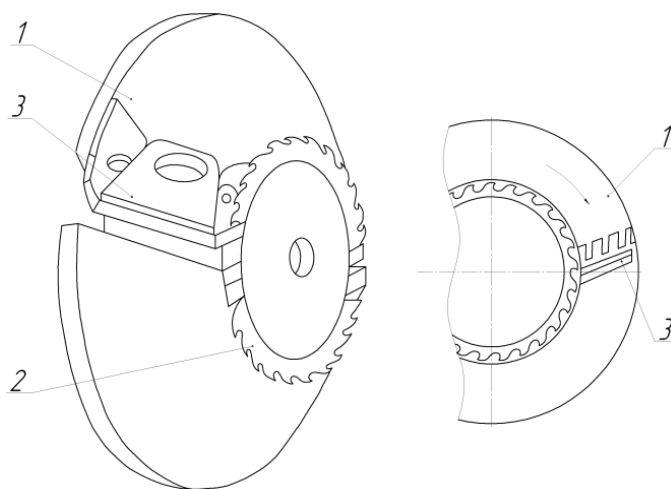


Рис. 3. Малоножевая торцово-коническая фреза

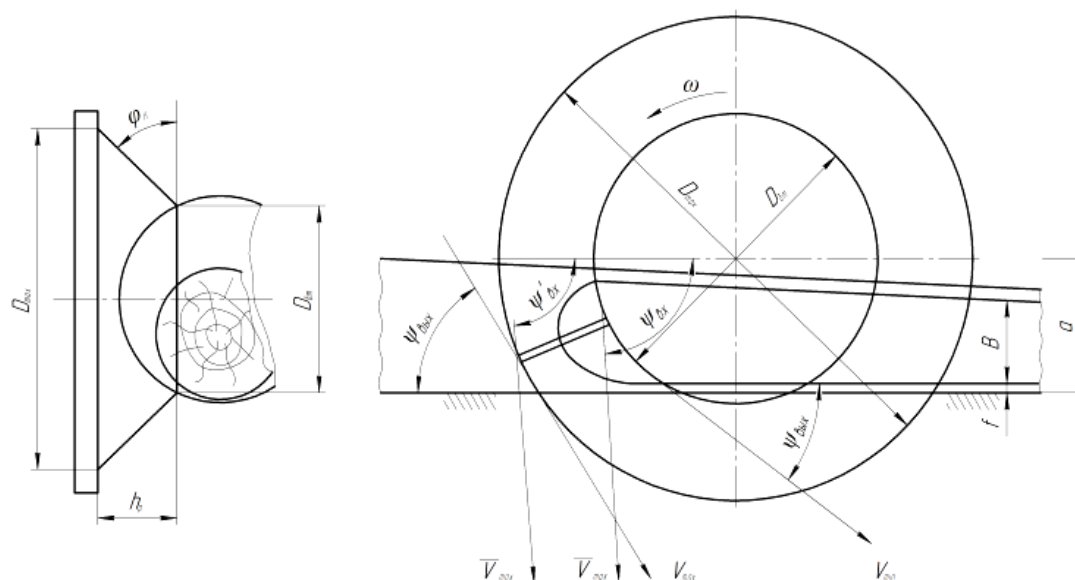


Рис. 4. Параметры фрезерования древесины торцово-коническими фрезами

Процесс затупления складывается из составляющих механического, теплового, химического и электрохимического характера. Затупление происходит наиболее интенсивно, если преобладают процессы механического или теплового характера. При выборе способа упрочнения поверхности резца необходимо учитывать все эти условия.

Существует множество способов создания упрочненного слоя металла из покрытий различного рода: нанесение вакуумных упрочняющих покрытий, упрочнение методом электроискрового легирования, нанесение износостойких покрытий методом катодно-ионной бомбардировки, химико-термическая обработка, газотермическое напыление, гальваностегия, магнито-импульсная обработка, ионно-плазменная обработка, комбинированный методов упрочнения с применением концентрированных потоков энергии, установка твердосплавного элемента, выглаживание алмазным индентером, плакирование, плазменно-детонационная обработка, установка твёрдосплавного элемента и т. д. Рассмотрим способы, которые осуществимы на базе оборудования, используемого в Республике Беларусь.

*Нанесения износостойких покрытий методом катодно-ионной бомбардировки*  
Преимуществом метода катодно-ионной бомбардировки (КИБ) по сравнению с



другими методами получения покрытий, в т. ч. и физическими способами осаждения покрытий из парогазовой фазы, является интенсивная ионная бомбардировка растущего покрытия, в результате которой происходит повышение температуры и интенсификация диффузионных процессов проникновения атомов покрытия в подложку, что значительно улучшает адгезию покрытия к твердым сплавам. Кроме того, сформированные методом КИБ нитриды тугоплавких металлов Ti, Cr, Zr и другие создают фрикционные плотные оксидные пленки, защищающие поверхность ножей инструмента от окисления и, соответственно, интенсивного износа. TiN-, ZrN-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» (рис. 5) на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ в два этапа с предварительной обработкой ионами металла в вакууме 10–3 Па при потенциале подложки 1 кВ с последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении 100 В в атмосфере азота при давлении 1–10 Па.



Рис. 5. Установка вакуумная ВУ-1Б

Для получения высокой адгезии покрытия к лезвию ножа варьировалось время ионной очистки и время непосредственного осаждения покрытия. Температура при осаждении покрытия соответствовала 400–450 °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм. Упрочненные ионно-плазменными TiN-, ZrN-покрытиями импортные двухлезвийные ножи из WC-Co твердого сплава, применяемые для резания ламинированных ДСтП станками и центрами с ЧПУ (числовым программным управлением), имеют период стойкости в 1,3–1,4 раза больше по сравнению с необработанными ножами.

Комбинированная упрочняющая обработка дереворежущих ножей производилась путем ионно-плазменного напыления нитрида титана толщиной 4 мкм (на вакуумной установке ВУ-1Б) и магнитно-импульсного воздействия с энергией импульса до 6 кДж на магнитно-импульсной установке (рис. 6).

В период проведения опытно-промышленных испытаний применяли древесину с резко отличающейся влажностью (от 5 до 45 %) и наличием абразивных элементов (песка), что отрицательно сказывалось на работоспособности дереворежущего инструмента по сравнению с обработкой чистой и более однородной по влажности древесины. Стойкость же опытных ножей, упрочненных комбинированным методом (нанесение покрытия TiN с последующей магнитно-импульсной обработкой), значительно



превысила стойкость серийных ножей (в 5,9 раз), что говорит о высокой эффективности разработанного комбинированного метода упрочняющей обработки.



Рис. 6. Магнитно-импульсная установка

### *Применение твёрдого сплава в конструкциях ножей*

На правую сборную торцово-коническую фрезу был установлен составной двухлезвийный нож с пластиной металлокерамического твердого сплава ВК15 вольфрамо-кобальтовой группы, а на левую – базовый нож из инструментальной легированной стали 4Х5МФ для обеспечения идентичных условий работы.

Результаты проведенных производственных испытаний подтвердили эффективность практического применения твердого сплава вольфрамо-кобальтовой группы для двухлезвийных ножей со спиральным расположением на фрезах фрезерно-брусующих станков для агрегатной обработки древесины. Следовательно, возможно получение аналогичного положительного результата по увеличению периода стойкости двухлезвийных ножей для фрезерно-брусующих станков (ФБС) при использовании безвольфрамовых твердых сплавов, например, титано-никелевых, карбонитридтитановых, а также литых (стеллитов и сормаитов) или других износостойких композиционных материалов.

### *Выводы*

Проведя анализ литературных источников, патентной документации и известных на данный момент технологий упрочнения поверхности дереворежущих ножей из легированной стали были выбраны направления дальнейшей работы по совершенствованию показателей стойкости лезвийного инструмента в области агрегатной обработки древесины, учитывая технические возможности реализации проведения экспериментальных исследований в лабораториях республики.

### **Библиографический список**

1. Раповец В.В., Гриневич С.А., Бурносов Н.В. Конструкция и расчёты фрезерно-брусующих станков // Труды БГТУ. Минск, 2015. 82 с.
2. ГОСТ 15815–83. Щепа технологическая. Технические условия. Введ. 01.01.85. М.: Гос. комитет СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1983. 12 с.

3. Раповец В.В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат: дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Минск, 2011. 206 с.
4. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании. М.: Лесная пром-сть, 1985. 216 с.
5. Никишов В.Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1985. 264 с.
6. Гришкевич А.А., Гаранин В.Н., Бавбель И.И. Особенности нанесения износостойких покрытий методом катодно-ионной бомбардировки на твердосплавные непереключаемые пластины // Труды БГТУ. 2013. № 2.
7. Повышение эксплуатационных свойств дереворежущих ножей комбинированным методом нанесения вакуумных упрочняющих покрытий и магнитно-импульсной обработки / А.В. Алифанов, А.С. Демянчик, А.А. Лях, А.М. Милюкова // Литье и металлургия. 2014 № 2. С. 95–100.
8. Раповец В.В. Повышение периода стойкости режущего инструмента фрезерно-брусующих станков при использовании твердого сплава в конструкциях двухлезвийных ножей // Труды БГТУ. Минск. 2014. С. 170–175.

УДК 674.053:621.934

**В.Т. Лукаш, С.А. Гриневич**  
(V.T. Lukash, S.A. Grinevich)  
(БГТУ, г. Минск, РБ)

Е-mail для связи с авторами: lukash\_valeriy@rambler.ru

**АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗУБЬЕВ  
ДИСКОВЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПИЛ  
С ОБРАБАТЫВАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ**

**THE ANALYSIS OF INTERACTION OF TEETH CIRCULAR CARBIDE SAWS  
WITH THE MATERIAL BEING TREATED**

*Пиление является одним из основных видов механической обработки древесных плитных материалов. Обеспечение качественного раскроя в производстве мебели является актуальной задачей, для решения которой предлагаются новые профили зубьев пил, применяются современные инструментальные материалы, оптимизируются режимы обработки. При этом внедрение каждого нового профиля требует проведения дополнительных исследований с целью разработки для производства рекомендаций по их эксплуатации. Обзор инструмента, применяемого на современных мебельных предприятиях, показал, что для распиловки ламинированных древесно-стружечных плит наибольшее распространение получили дисковые пилы с комбинированными профилями зубьев: попеременно косым, плоско-трапецевидным и плоско-треугольным с вогнутой передней поверхностью. Каждый из них имеет отличительные конструктивные и функциональные особенности, поэтому авторы провели анализ каждого профиля с целью выявления его достоинств и недостатков.*

*Sawing is one of the main types of mechanical treatment of wood Board materials. Ensuring high-quality cutting in the production of furniture is an urgent task, which offers new profiles of saw teeth, modern tool materials are used, processing re-press optimized. At the same time, the introduction of each new profile requires additional research in order to develop recommendations for their operation. The survey instrument used in the modern furniture companies, showed that for cutting laminated chipboards the most widely circular saw*

*blade with the combined profiles of the teeth alternately-slanted plane of the trapezoidal and flat-triangular with concave front surface. Each of them has distinctive design and functional features, so the authors analyzed each profile in order to identify its advantages and disadvantages.*

На предприятиях отрасли для раскря древесины и древесных материалов широко используют дисковые пилы с зубьями из твердого сплава различной формы (рис. 1). Профили и угловые параметры зубьев пил достаточно разнообразны.

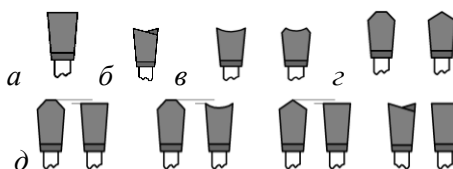


Рис. 1. Формы зубьев дисковых твердосплавных пил:

*a* – с прямой задней поверхностью зуба; *б* – с разносторонним наклоном; *в* – криволинейные; *г* – трапецевидная и треугольная; *д* – комбинированные

Каждый профиль зубьев имеет свои особенности взаимодействия с обрабатываемым материалом, определяемые его формой, поэтому изучение геометрии зубчатого венца и его влияния на процесс пиления (в частности, стружкообразование, силообразование и качество обработанной поверхности) представляет большой теоретический и практический интерес, так как дает необходимые сведения для проектирования дискового режущего инструмента и рациональной технологии его заточки, разработки оптимальных режимов пиления и расчета форматных станков при их конструировании.

Для раскря облицованных древесных плитных материалов наибольшее распространение получили дисковые пилы с попеременно косым, плоско-трапецевидным и плоско-треугольным с вогнутой передней поверхностью зуба профилями режущих элементов.

На рисунке 2 приведен попеременно косой профиль зубьев. Порядок взаимодействия зубьев данного профиля с материалом представлен на рисунке 3.

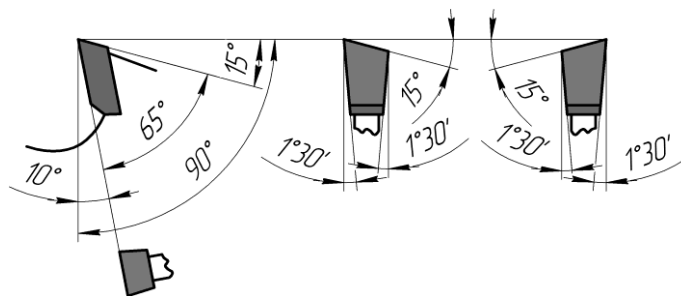


Рис. 2. Попеременно косой профиль зубьев дисковых пил

При врезании зуба в материал работает не вся главная режущая кромка, а только ее часть. Величина работающей части (длина  $BC$ ) и, соответственно, объем удаляемого материала тем больше, чем больше подача на зуб  $S_z$ . По результатам измерений в программе Компас 3D-V14 площадь пропила, формируемая одним зубом при подаче на зуб  $S_z = 0,06$  мм и составляет  $S_{BCGA} = 0,19$  мм<sup>2</sup>. Процентное соотношение объема материала, удаляемого каждым зубом из рассматриваемой комбинации, составляет 50/50.

Кроме главной, резание осуществляется и боковыми режущими кромками. Причем резание как таковое происходит лишь на отрезке  $CG$ , а боковая стенка пропила,

сформированная данным участком зуба, представляет собой ступенчатую поверхность с шагом  $2S_z$  и высотой ступенек  $h = 2S_z \cdot \sin \alpha_r$ . Даже при максимальных из диапазона рекомендуемых производителями режущего инструмента режимах пиления ламинированных древесно-стружечных плит ( $S_z = 0,06$  мм) эта величина составляет не более 7 мкм.

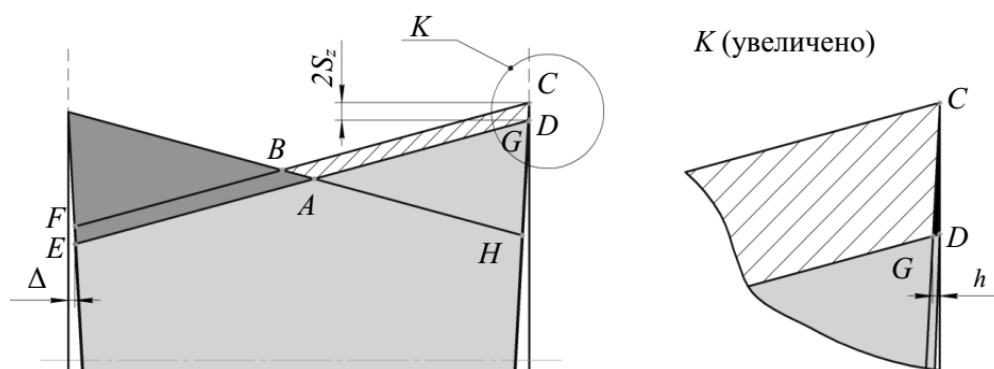


Рис. 3. Схема формирования пропила зубьями дисковой пилы с попеременно косым профилем

В виду того что только каждый второй зуб рассматриваемого профиля формирует боковые стенки пропила, силы сопротивления резанию, расположенные со смещением относительно оси полотна и составляющие сил резания по главной и боковой смежным режущим кромкам являются одним из источников поперечных колебаний пилы и приводят к ее дополнительной вибрации в пропиле, что негативно отражается на качестве обработки.

Боковые режущие кромки зубьев при вершинах  $F$ ,  $E$ ,  $H$  осуществляют лишь скольжение по стенке пропила ( $\Delta = 0,022$  мм), сформированной предыдущими зубьями противоположного профиля (упругое восстановление волокон древесины, деформированных задней поверхностью лезвия, при торцовом резании составляет 0,05–0,12 мм, при поперечном – 0,030–0,005 мм [1]). Нормальная реакция взаимодействующей поверхности обработки частично компенсирует боковую нагрузку (совместно с боковой составляющей сил резания по главной режущей кромке) от сил резания по боковой грани на отрезке  $CD$ . Это способствует повышению устойчивости зуба и всего инструмента в пропиле, особенно по мере затупления режущего инструмента.

Благодаря наклону задней поверхности зуб пилы во время обработки будет входить в материал более плавно. Первым в материал будет внедряться острый трехгранный угол при вершине  $C$ , чем будет обеспечена локализация напряжений резания и деформаций в материале. Последнее особенно важно, так как в процессе отверждения связующего плит и облицовочный слой становятся хрупкими.

Во время пиления участки зуба, взаимодействующие с обрабатываемым материалом, будут изнашиваться. Наибольшая нагрузка при внедрении зуба в плиту будет ложиться на острый трехгранный угол, из-за чего режущие кромки, формирующие его, будут быстро терять режущую способность. Напряжения от внедрения вершины зуба будут расти по большей площади и, соответственно, вызывать деформацию и разрушение облицовочного материала.

Таким образом, на основании теоретического анализа взаимодействия попеременно косого профиля зубьев дисковой твердосплавной пилы с ламинированной древесно-стружечной плитой можно сделать вывод, что данный профиль сможет обеспечивать высокое качество обработки и малую энергоемкость процесса пиления относительно не продолжительное время. Стойкость данного инструмента будет невысокой, так как при

обработке древесно-стружечной плиты, обладающей высокой абразивной способностью, вершина трехгранного угла, выполняющая функцию подрезки поверхностного слоя материала, будет быстро изнашиваться, что приведет к появлению дефектов обработки – сколов облицовочного материала недопустимых размеров. К преимуществам пил с переменным косым профилем зубьев следует отнести простоту изготовления и заточки, невысокое потребление мощности на резание.

Плоско-трапециевидный профиль представляет собой комбинацию зубьев дисковой твердосплавной пилы с плоской и трапециевидной формой (рис. 4).

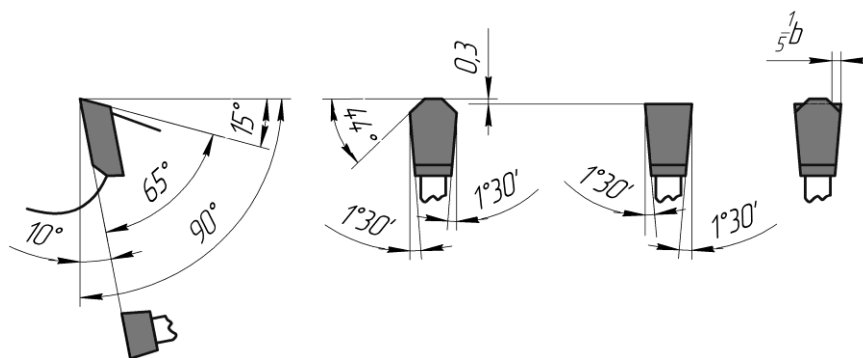


Рис. 4. Плоско-трапециевидный профиль зубьев дисковых пил

Схема взаимодействия зубьев рассматриваемого профиля с обрабатываемым материалом приведена на рисунке 5.

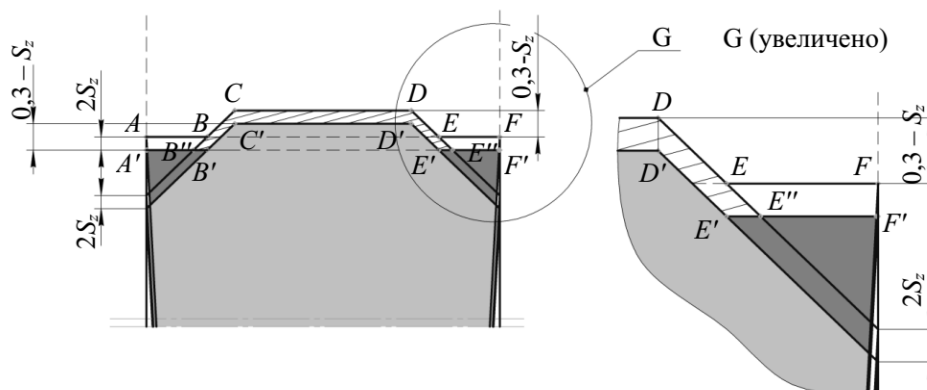


Рис. 5. Схема формирования пропила зубьями дисковой пилы с плоско-трапециевидным профилем

Вершины зубьев трапециевидной формы расположены на 0,3 мм выше окружности вершин зубьев с плоской задней поверхностью. При пилении расстояние между резами зубьев в плоскости подачи составляет  $(0,3 - S_z)$  мм. Рассмотрим последовательность входа зубьев. В некоторый момент времени после прохода зубьев трапециевидной и плоской формы будет сформирован рез  $A'B'C'D'E'F'$ . При проходе следующего зуба трапециевидной формы снимают площадь  $B'B''CDE''E'D'C'$ , выбирая паз и срезая значительную часть материала (ширина паза  $B''E'' = CD + 2 \cdot (0,3 + S_z) \cdot \text{tg}44^\circ$ ).

Исходя из конструктивного исполнения плоско-трапециевидного профиля (см. рис. 4), определим величину  $CD$ :

$$CD = \frac{3}{5}b - 2 \cdot 0,3 \cdot \text{ctg}44^\circ = \frac{3}{5} \cdot 3,2 - 2 \cdot 0,3 \cdot \text{ctg}44^\circ = 1,30 \text{ мм.} \quad (1)$$

Тогда при подаче на зуб  $S_z = 0,06$  мм ширина паза  $B''E''$  составит:

$$B''E'' = 1,30 + 2 \cdot (0,3 + 0,06) \cdot \operatorname{tg} 44^\circ = 2 \text{ мм.} \quad (2)$$

Боковые поверхности зубьев трапецевидной формы подчищают стенки пропила, обеспечивая функцию центрирования зуба и инструмента в целом.

Следующий за ним зуб с плоским профилем срезает площади  $A'ABB''$  и  $F'FEE''$ . Ширина обработки:

$$AB = EF = \frac{b - CD}{2} - (0,3 - S_z) \cdot \operatorname{tg} 44^\circ; \quad (3)$$

$$AB = EF = \frac{3,2 - 1,30}{2} - (0,3 - 0,06) \cdot \operatorname{tg} 44^\circ = 0,72 \text{ мм.} \quad (4)$$

По результатам измерений в программе Kompas 3D-V14  $S_{B'B''CDE''E'D'C'} = 0,23 \text{ мм}^2$ ,  $S_{A'ABB''} = S_{F'FEE''} = 0,075 \text{ мм}^2$ . Процентное соотношение объема материала, удаляемого каждым зубом в паре «плоский/трапецевидный», составляет 40/60.

Таким образом, зубья с плоским профилем не несут существенной нагрузки и служат для окончательного формирования стенок пропила, они определяют качество обработки. Участки профиля  $AB$  и  $EF$  врезаются в материал одновременно по всей ширине. Благодаря незначительному объему удаляемого материала и наличию свободного пространства для деформирования и отвода продуктов разрушения материала на боковые стенки пропила будет оказываться меньшее давление. С точки зрения энергопотребления данный профиль будет более энергоемким по сравнению с предыдущим, так как его грани врезаются в материал одновременно. В то же время за счет отсутствия острых углов данный профиль будет изнашиваться медленнее, что обеспечит более высокую стойкость инструмента.

На основании теоретического анализа взаимодействия дисковых пил с плоско-трапецевидным профилем зубьев с обрабатываемым материалом можно сделать следующее заключение. Данный профиль будет обеспечивать высокое качество пропила за счет того, что зубья с плоским профилем, его формирующие, не несут больших нагрузок и снимают незначительный слой материала, в то время как основная нагрузка ложится на зубья с трапецевидным профилем. Пилы с плоско-трапецевидным профилем зубьев будут более энергоемкими, однако их стойкость за счет отсутствия острых углов будет выше. Плоско-треугольный профиль с вогнутой передней поверхностью зубьев представлен на рисунке 6.

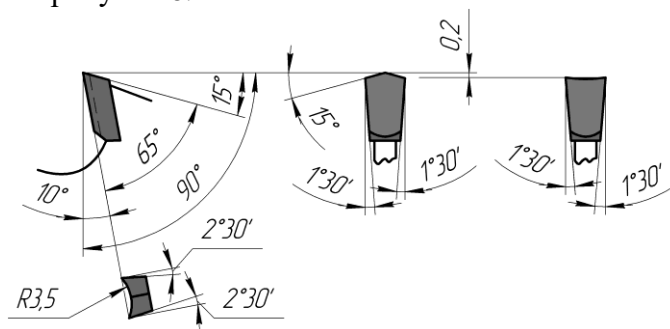


Рис. 6. Плоско-треугольный профиль зубьев дисковых пил с вогнутой передней поверхностью

Основное отличие рассматриваемого профиля от предыдущих – вогнутая поверхность передней грани зубьев, что вносит некоторые особенности в процесс стружкообразования. Схема взаимодействия зубьев плоско-треугольного профиля с обрабатываемым материалом приведена на рисунке 7.

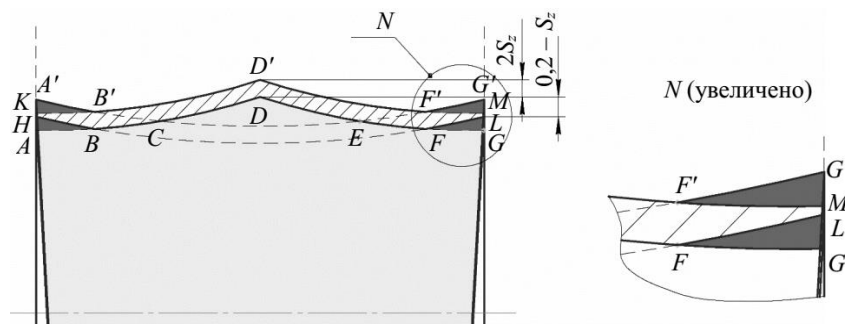


Рис. 7. Схема формирования пропила зубьями дисковой пилы с плоско-треугольным профилем

Принцип работы рассматриваемой комбинации зубьев аналогичен паре «плоский/трапециевидный»: вершины зубьев треугольной формы, расположенные на 0,2 мм выше вершин зубьев с плоским профилем, врезаются в обрабатываемый материал практически по всей ширине пропила и удаляют основную часть припуска, плоские зубья при этом выполняют роль подрезателей.

Расстояние между резами треугольного и плоского зубьев в плоскости подачи составляет  $(0,2 - S_z)$  мм. После прохода пары зубьев формируется рез  $HBCDEFL$ . При проходе очередного зуба с треугольным профилем снимается значительная часть материала, равная площади фигуры  $KD'MFDBH$ . Следующий за ним зуб с плоским профилем срезает значительно меньшую площадь  $A'B'K$  и  $F'G'M$  и не несет существенной нагрузки.

По результатам измерений в программе Kompas 3D-V14  $S_{KD'MFDBH} = 0,34 \text{ мм}^2$ ,  $S_{A'B'K} = S_{F'G'M} = 0,02 \text{ мм}^2$ . Процентное соотношение объема материала, удаляемого каждым зубом в паре «плоский/треугольный», составляет 10/90. Однако зона пропила, удаляемая плоским зубом, при любых подачах из диапазона рекомендуемых ( $S_z = 0,02 - 0,06 \text{ мм}$ ) не перекрывает зону формирования пропила треугольным зубом. За качество обработки отвечают оба зуба из пары в отличие от попеременно косоугольного профиля, где зубья формируют пропил поочередно, или плоско-трапециевидного, только плоские зубья его выполняют чистовой рез.

Меньший угол резания боковых режущих кромок благодаря вогнутой передней поверхности зубьев плоско-треугольного профиля ( $\delta_1 \approx 67^\circ 30'$ ) позволяет уменьшить давление в месте внедрения их в обрабатываемый материал и деформацию отделяемых частиц древесины у стенок пропила. Продукты разрушения обрабатываемого материала в процессе резания перемещаются к центру зуба, не создавая в зоне резания повышенного трения и повторного перерезания частиц, и свободно удаляются за счет дополнительного объема в середине зуба.

Для зубьев с вогнутой передней поверхностью характерно также то, что надрезание облицовочного материала и частиц древесины у стенок пропила опережает их отделение главной стружкообразующей режущей кромкой.

Сформированная при заточке передней и задней поверхности зубьев главная режущая кромка при пилении внедряется в материал с запаздыванием, не одновременно

по всей длине, а постепенно от крайних точек к центру зуба под небольшим углом к волокнам, аналогично резанию лезвием, повернутым в плане.

Более плавный вход боковых режущих кромок зубьев в обрабатываемый материал обеспечивает снижение сил, мощности и удельной работы резания [2, 3]. Отмеченные особенности конструкции позволяют улучшить результаты распиловки и значительно уменьшить вероятность появления и размеры сколов на выпиленных деталях.

#### *Выводы*

На основании проведенного теоретического анализа можно сделать следующие выводы: плоско-треугольный профиль зубьев с вогнутой передней поверхностью обеспечивает при пилении высокое качество обработки за счет того, что каждый зуб в рассматриваемой комбинации формирует боковые стенки пропила; стойкость дисковых пил с плоско-треугольным профилем зубьев больше чем с попеременно косым, но меньше чем с плоско-трапецевидным. Плоско-треугольный профиль зубьев с вогнутой передней гранью более энергоемкий чем попеременно косой, но менее энергоемкий чем плоско-трапецевидный.

Первое утверждение объясняется большим количеством зубьев, формирующих стенки пропила, второе – меньшими углами резания боковых режущих кромок зубьев, третье – наиболее неравномерным распределением подачи на зуб в паре.

Стоит отметить, что при одной и той же подаче на зуб (в нашем случае расчеты производились для  $S_z = 0,06$  мм) суммарная площадь пропила, формируемая парой зубьев, одинакова для всех трех рассматриваемых профилей –  $S = 0,38$  мм<sup>2</sup>. Однако процентное соотношение объема материала, удаляемого каждым зубом в паре, существенно отличается, что влияет на продолжительность и энергоэффективность работы каждого из рассматриваемых профилей.

Анализ взаимодействия рассмотренных профилей зубьев дисковых пил с обрабатываемым материалом позволил предположить, что плоско-трапецевидный профиль обеспечивает при пилении ламинированных древесно-стружечных плит наибольшую технологическую стойкость (стойкость по критерию качества обработки), а попеременно косой профиль является наименее энергоемким, что было подтверждено результатами экспериментальных исследований [4, 5].

#### **Библиографический список**

1. Бершадский А.Л. Резание древесины. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
2. Ивановский Е.Г., Василевская П.В., Лаутнер Э.М. Фрезерование и пиление древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-сть, 1971. 96 с.
3. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие [для вузов]. М.: Лесн. пром-сть, 1986. 296 с.
4. Лукаш В.Т., Гриневич С.А. Сравнительный анализ влияния профиля зубьев твердосплавных дисковых пил на технологическую стойкость и мощность при раскросе ламинированных древесно-стружечных плит // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды VI Международн. евразийск. симпозиума. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2011. С. 286–294.
5. Лукаш В.Т., Гриневич С.А. Технологическая стойкость дисковых пил с плоско-треугольным профилем зубьев с вогнутой передней гранью при раскросе ламинированных древесно-стружечных плит // Лесная и деревообраб. пром-сть: труды БГТУ. 2014. № 2. С. 167–170.



УДК 674.055:620.933

**В.В. Раповец<sup>1</sup>, И.К. Клепацкий<sup>1</sup>, С.В. Медведев<sup>2</sup>, Г.Г. Иванец<sup>2</sup>**

(V.V. Rapovets<sup>1</sup>, I.K. Klepackij<sup>1</sup>, S.V. Medvedev<sup>2</sup>, G.G. Ivanec<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>ОИПИ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: dosy@bstu.unibel.by, medv@newman.bas-net.by

**РАСЧЁТ ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ РЕЗАНИЯ  
В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ LS-DYNA  
ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

**CALCULATION OF USEFUL CUTTING CAPACITY  
IN THE LS-DYNA CALCULATOR  
AT THE HIGH-SPEED MILLING OF WOOD**

*Объектом исследований являются математические методы мультипроцессорной вычислительной среды LS-DYNA для построения и анализа модели оптимизации технологических процессов при цилиндрическом фрезеровании древесины и древесных материалов.*

*Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – полученные результаты выполнения НИР [1–4] – могут использоваться для моделирования и оптимизации параметров сложных высокоскоростных процессов механической обработки древесины и древесных материалов при выполнении научных исследований, что позволит существенно повысить эффективность действующего производства.*

*Changing the working conditions of the tool in each particular case leads to a change in the characteristics of the cutting process. To optimize high-speed processes it is necessary to model and develop methods for constructing the main dependencies of the technical and economic characteristics of such processes.*

*The object of the research is the mathematical methods of the multiprocessor computing environment LS-DYNA for constructing and analyzing the model of optimization of technological processes for cylindrical milling of wood and wood materials. Predictive assumptions about the development of the research object – the obtained results of the research can be used to model and optimize the parameters of complex high-speed processes of mechanical processing of wood and wood materials in the performance of scientific research that will significantly improve the efficiency of existing production.*

Основной целью проводимых исследований в рамках данной работы является разработка метода и математической модели многокритериальной оптимизации режимов деревообработки на основе базы данных зависимостей характеристик процесса резания от технологических режимов обработки, сформированной посредством натурных и вычислительных экспериментов.

Разработана методика аппроксимации экспериментальных зависимостей и предназначена для использования в системах поддержки принятия решений при выборе оптимальных режимов высокоскоростной лезвийной обработки древесных материалов.

Научная значимость разработанных методик расчета мощности резания состоит в возможности ее прогноза с помощью суперкомпьютерных технологий.

Практическая направленность заключается в возможности применения разработанных методик при разработке баз данных оптимальных режимов резания для различных древесных материалов.

Экономическая эффективность работы заключается в снижении стоимости и длительности проведения натурных экспериментов за счет моделирования процесса резания в высокопроизводительных вычислительных системах и многокритериальной оптимизации технологических параметров обработки.

В результате расчета в пакете LS-DYNA получается файл `sprforce`, содержащий значения сил в узлах закрепленного основания. Структура файла представлена на рисунке 1.

```

NUMBER3
ls-dyna smp.113621 d      date 01/19/2017
single point constraint forces
output at time = 0.00000E+00

node= 1103588 local x,y,z forces = -2.3593E-07 -1.4610E-07 5.2416E-08 setid= 0
force resultants = -2.3734E-03 3.8925E-02 -1.0487E-09
output at time = 6.40000E-01
node= 207611 local x,y,z forces = -3.8345E-08 -1.8892E-08 -6.8534E-09 setid= 0
node= 207612 local x,y,z forces = -3.9288E-08 -1.9050E-08 -6.9117E-09 setid= 0
node= 207613 local x,y,z forces = -4.0266E-08 -1.9264E-08 -6.9902E-09
    
```

Рис. 1. Структура файла `sprforce`

Данный файл обрабатывается с помощью программы LS-PREPOST. Получается график изменения суммы вертикальных составляющих силы для всех выбранных узлов, другими словами, вертикальной составляющей реакции опоры (рис. 2).

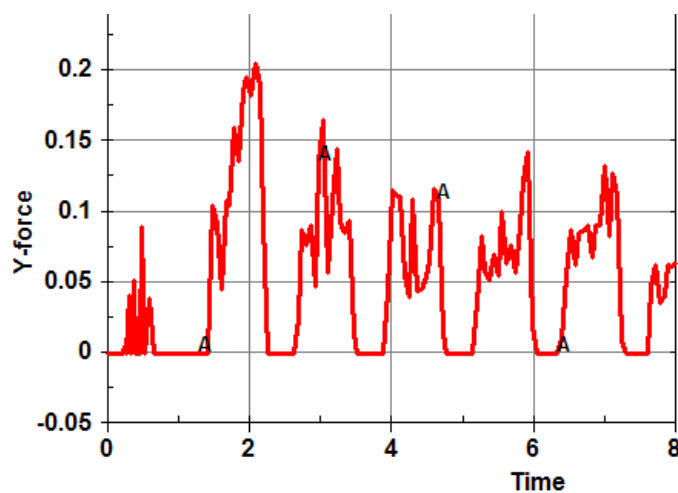


Рис. 2. График изменения силы при резании фрезой

График сохраняется в файле `y-force.txt` (рис. 3).

Значения меньше 0,0 001 Кн можно считать таковыми для времени, когда зуб не находится в контакте с заготовкой. Далее для каждого зуба в этом файле выделяется группа строк со значениями сил больших 0,0 001 Кн. В группу включается по одной ограничивающей строке в начале и в конце группы, где значения силы меньше 0,0 001 Кн (рис. 4).

```

Curveplot
NUMBER3
Time
Y-force
Node Ids
Comb. Y-force #pts=140
* Minval= -4.219534e-005 at time= 0.5201
* Maxval= 2.055270e-001 at time= 2.0801
0.000000e+000 0.000000e+000
4.000000e-002 0.000000e+000
1.000000e-001 0.000000e+000
1.600000e-001 0.000000e+000
2.100000e-001 -7.074328e-006
2.400000e-001 5.066515e-003
2.700000e-001 -1.697937e-008
3.000000e-001 4.120263e-002
3.300000e-001 -8.662589e-006
3.600000e-001 5.193780e-002
3.900000e-001 -1.539381e-005
4.200000e-001 -2.230025e-005
4.500000e-001 -1.653212e-008
4.800000e-001 9.002686e-002

```

Рис. 3. Структура табличной кривой изменения силы при резании фрезой

1.360000e+000	8.093764e-009
1.420000e+000	8.093764e-009
1.480000e+000	1.047329e-001
1.540000e+000	9.145191e-002
1.600000e+000	4.540900e-002
1.660000e+000	1.080350e-001
1.720000e+000	1.049544e-001
1.780000e+000	1.597973e-001
1.840000e+000	1.357684e-001
1.900000e+000	1.858765e-001
1.960000e+000	1.954544e-001
2.020000e+000	1.832061e-001
2.080000e+000	2.055270e-001
2.140000e+000	1.900487e-001
2.200000e+000	9.379216e-002
2.260000e+000	-8.602638e-008
2.320000e+000	-6.507162e-008

Рис. 4. Схема расчета угла ALFA

Данные из фрагмента заносятся в табличный файл EXCEL (рис. 5).

	A	B	C
1		1,42	0,00
2		1,48	0,10
3		1,54	0,09
4		1,60	0,05
5		1,66	0,11
6		1,72	0,10
7		1,78	0,16
8		1,84	0,14
9		1,90	0,19
10		1,96	0,20
11		2,02	0,18
12		2,08	0,21
13		2,14	0,19
14		2,20	0,09
15		2,26	0,00
16			

Рис. 5. Зоны приложения бокового давления, имитирующего предварительно-напряженное состояние обрабатываемой древесины после сушки

Фактически в столбцах  $C[N-1]$ ,  $C[N]$  и содержатся значения силы, которые соответствуют временному участку от  $B[N-1]$  до  $B[N]$ , где  $N$  – номер строки. Значение  $C[N]$  считается как мгновенное значение силы на этом участке.

Для нахождения мгновенной скорости в программе LS-PREPOST строится график перемещения вершины зуба. В качестве вершины выбирается центр округления резца. Нижнее положение зуба соответствует началу резания (рис. 6).

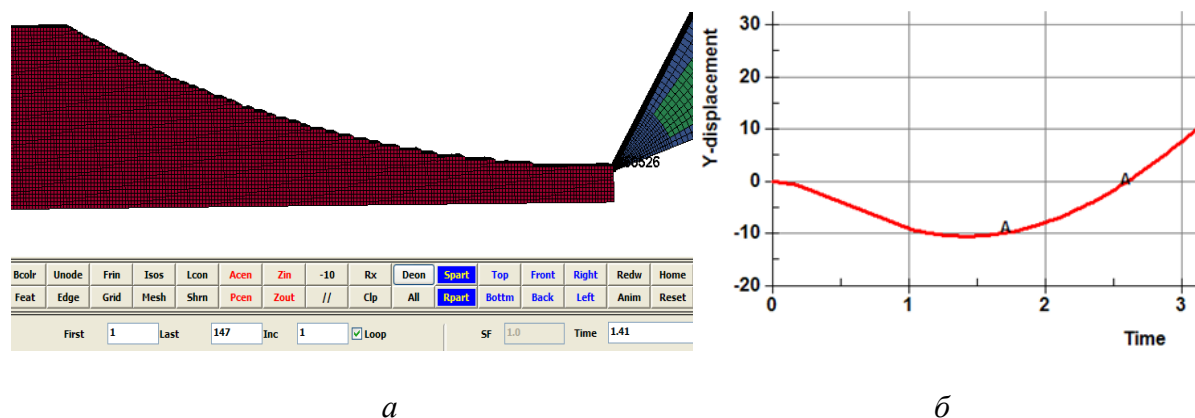


Рис. 6. Исходное состояние для второго зуба перед резанием (а) и график перемещения второго зуба по оси Y (б)

График сохраняется в виде файла табличной кривой  $y - displzN$ , где  $N$  – номер зуба. В сохраненном файле выделяется группа строк временного интервала, определенного на шаге измерения мгновенных сил. Отметки границ и разность времени между строками может незначительно отличаться от данных фрагмента для силы. При передаче данных в EXCEL табличный файл нужно и привести в соответствие с временными интервалами силы. Далее рассчитываются значения приращений по времени  $dt$  и перемещения  $dy$ . Для расчета перемещений используются средства программы EXCEL расчета данных столбцов по формулам.

Для каждого моделирования резания при заданных параметрах аналогичным образом выполняются расчеты средней мощности еще как минимум для трех зубьев (рис. 7).

t	y	dy	dt	v	t	F	v	N=F*v
2,68	-38,25	-0,03			2,74	0,09	0,487	0,042803
2,74	-38,22	0,03	0,06	0,487	2,80	0,08	1,465667	0,112527
2,80	-38,13	0,09	0,06	1,465667	2,86	0,09	2,362333	0,213289
2,86	-37,99	0,14	0,06	2,362333	2,92	0,05	3,397833	0,162453
2,92	-37,79	0,20	0,06	3,397833	2,98	0,14	4,192833	0,567915
2,98	-37,54	0,25	0,06	4,192833	3,04	0,17	5,136333	0,851706
3,04	-37,23	0,31	0,06	5,136333	3,10	0,06	6,311333	0,358744
3,10	-36,85	0,38	0,06	6,311333	3,16	0,11	7,067833	0,758344
3,16	-36,43	0,42	0,06	7,067833	3,22	0,15	7,9955	1,161095
3,22	-35,95	0,48	0,06	7,9955	3,28	0,09	8,872333	0,822226
3,28	-35,41	0,53	0,06	8,872333	3,34	0,09	9,803167	0,833623
3,34	-34,83	0,59	0,06	9,803167	3,40	0,09	10,62033	0,994248
3,40	-34,19	0,64	0,06	10,62033	3,46	0,02	11,53	0,177037
3,46	-33,50	0,69	0,06	11,53	3,52	0,00	12,34217	-1E-06
3,52	-32,76	0,74	0,06	12,34217	Среднее			0,470401

Рис. 7. Отчетные таблицы по расчету мощности резания

Далее проводятся вычислительные эксперименты для построения графиков и вывода аналитических зависимостей. Методика рассматривается на примере вывода закона изменения при постоянной скорости шпинделя 6 000 об/мин от скорости подачи. Принимается правило, что при наличии значений экспериментов для вывода формулы использовать нужно именно их. В программе EXCEL при построении графика выводим линию тренда вместе с уравнением и величиной достоверности аппроксимации (рис. 8–9).

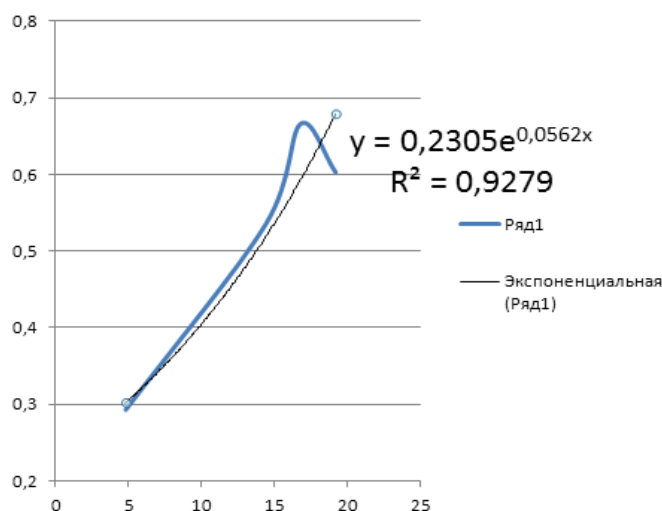


Рис. 8. Линия тренда по экспоненциальной зависимости

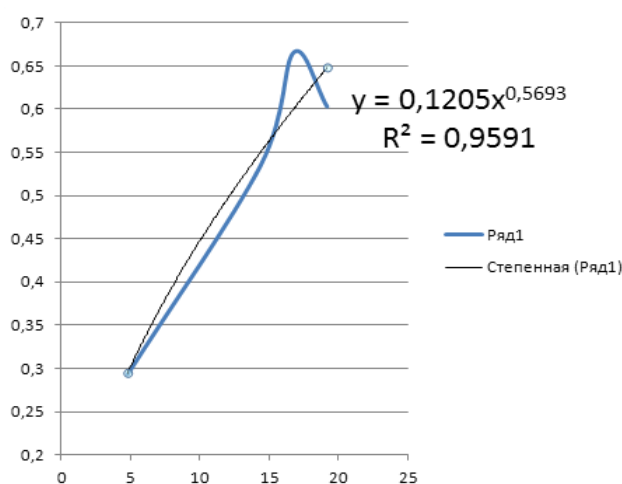


Рис. 9. Линия тренда по степенной зависимости

Исходя из величины достоверности аппроксимации, выбирают формулу аналитической зависимости  $y = 0,1205 x^{0,5693}$ .

При выводе зависимости мощности от скорости резания при постоянной подаче использовались данные виртуальных испытаний для оборотов шпинделя от 5 000 до 10 000 в минуту. Причем в первом случае данные натурных испытаний не учитывались ввиду их малого количества для подачи 19,2 м/мин.

Получена формула полиномиальной зависимости:

$$y = 6e^{-12}x^3 - 2e^{-7}x^2 + 0,0015x - 3,787. \quad (1)$$

Во втором случае учтены данные натурных испытаний, получилась формула (не учитывались ввиду их малого количества для подачи 19,2 м/мин). Получена формула полиномиальной зависимости:

$$y = 2e^{-12}x^3 - 7e^{-8}x^2 + 0,0009x - 2,3961. \quad (2)$$

Иллюстрация вывода формул показана на рисунке 10.

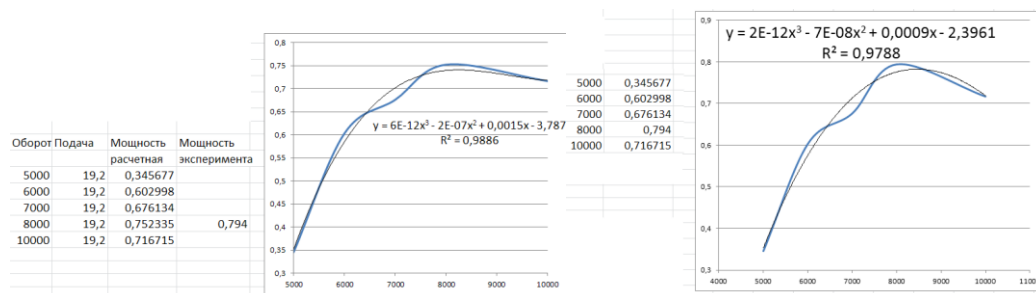


Рис. 10. Вывод формулы зависимости мощности резания от скорости резания (обороты шпинделя) при постоянной подаче 19,2 м/мин

Для другой толщины съема при тех же скоростях резания и подачи нужно проводить новые расчеты и выводить другие формулы. Так, для толщины слоя 3 мм получена формула полиномиальной зависимости:

$$y = 9e^{-5}x^2 + 0,0113x - 0,3047. \quad (3)$$

Вывод формулы зависимости мощности резания от подачи при постоянной скорости резания (обороты шпинделя 6 000 об/мин) и толщине снимаемого слоя 3 мм представлен на рисунке 11.

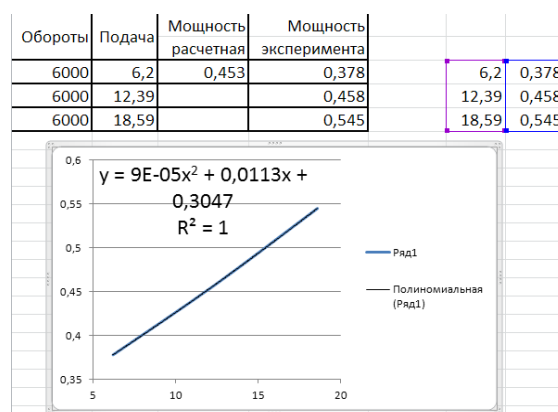


Рис. 11. Вывод формулы зависимости мощности резания от подачи при постоянной скорости резания (обороты шпинделя 6 000 об/мин) и толщине снимаемого слоя 3 мм

Таким образом, изменяя технологически значимые параметры высокоскоростного процесса лезвийной обработки и проводя соответствующие расчеты, описанные выше, по разработанным методикам в совокупности с экспериментальными данными, осуществляется формирование баз данных.

### *Выводы*

Таким образом, представленная методика позволяет рассчитать мощность для заданных параметров режимов резания, сравнивать результаты расчета с мощностью, полученной в натурных экспериментах при этих же режимах, верифицировать расчетную модель, а затем использовать расчетную модель для получения значений мощностей, при комбинации параметров, для которых не производились натурные испытания. Если проводить расчеты при одном изменяющемся параметре, зафиксировав остальные, то получаются данные, позволяющие строить графики зависимости мощности от значений этого параметра.

В программе EXCEL такой график можно аппроксимировать аналитической зависимостью. Аналитические зависимости можно использовать в системах оптимизации режимов резания с критерием оптимизации по мощности резания.

### **Библиографический список**

1. Huang J.M. An Evalution of Chip Separation Criteria for FEM Simulation of Machining // Journal of Manufacturing Science and Engineering. 1996. Pp. 545–554.
3. Методика моделирования процесса механической обработки древесных материалов фрезерованием в пакете LS-DYNA / В.В. Раповец, А.А. Гришкевич, С.В. Медведев, Г.Г. Иванец // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междунар. евразийск. симпозиума. Екатеринбург, 2015. С. 170–176.
4. Вычислительные эксперименты высокоскоростной лезвийной обработки древесины / В.В. Раповец, И.К. Клепацкий, С.В. Медведев, Г.Г. Иванец // Труды БГТУ. 2017. № 2 (198): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 360–364.

**УДК 676.05(06)**

**В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев**  
(V.P. Sivakov, S.N. Vikharev)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: sivakov.vp@yandex.ru

### **ОБОСНОВАНИЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ МЕТОДАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

### **THE RATIONALE FOR THE REPAIR OF EQUIPMENT THE PRODUCTION OF CELLULOSE AND THERMO MECHANICAL PULP METHODS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS**

*В работе рассмотрены модели обоснования ремонтов оборудования производства целлюлозы и термомеханической массы. Показано, что модель обоснования ремонтов на основе диагностирования технического состояния узлов элементов обладает существенным преимуществом, так как в этой модели не применяют событие «отказ» оборудования. Оценку работоспособного состояния оборудования производят в режиме эксплуатации с некоторым запасом по времени до события «отказ». Предложено при диагностировании сложные объекты условно расчленять на элементы, а элементы – на узлы. Такой подход позволяет по параметрическому диагнозу узлов производить последующие непараметрические диагнозы элементов. Показано, что при*

трехуровневой оценке диагноза узлов можно выявлять как предотказное состояние узлов, так и предотказное состояние элементов.

*The paper considers the models of justification of repairs of equipment for the production of cellulose and thermomechanical mass. It is shown that the model of justification of repairs on the basis of diagnosing the technical condition of the components of elements has a significant advantage, since this model does not apply the event of «failure» of the equipment. Evaluation of the equipment operating condition is carried out in operation mode with a certain margin of time before the event «failure». It is proposed to classify complex objects into elements and elements into nodes. This approach allows for the parametric diagnosis of nodes to produce subsequent nonparametric diagnoses of elements. It is shown that under a three-tier evaluation of the diagnosis sites, you can identify how prefailure the state of nodes and prefailure the state of the elements.*

Планово-предупредительные ремонты (ППР) оборудования производства целлюлозы (ОПЦ) и термомеханической массы (ТММ) корректируют методами технической диагностики. Современный уровень накопления и применения информации о техническом состоянии (ТС) оборудования характеризуется эволюционным переходом от режима технического обслуживания «ППР» к режиму технического обслуживания «ремонт по ТС» (рис. 1).

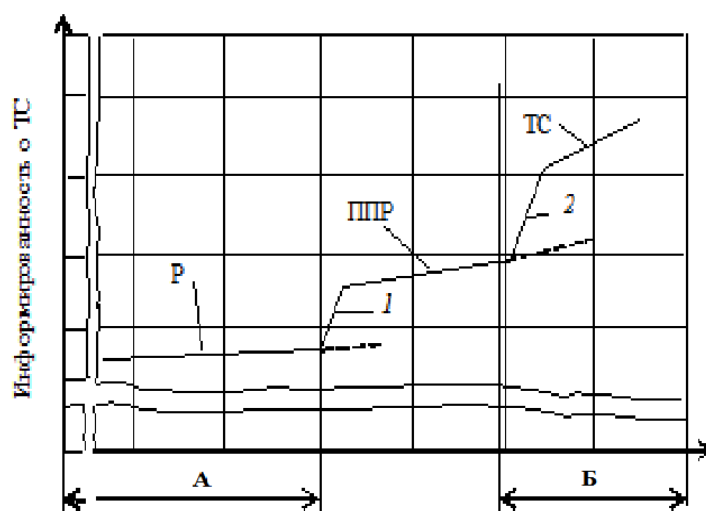


Рис. 1. Инвариантный график накопления информации о ТС оборудования:  
А – период применения модели отказов; Б – период применения диагноза ТС;  
Р – ремонт по отказам; ППР – по анализу периодичности отказов; ТС – по диагнозу ТС;  
1, 2 – переходы от одного уровня накопления информации к другому уровню

Инвариантный график показывает, что каждый последующий этап в развитии технического обслуживания ОПЦ и ТММ базируется на предыдущем. Скачкообразные переходы к более качественным методам обслуживания обусловлены уровнем накопления и качеством информации о ТС оборудования. Временные участки установившейся подконтрольной эксплуатации ОПЦ и ТММ при более качественном обслуживании отличаются повышенным трендом.

В настоящее время в ЦБП сохраняются все виды технического обслуживания с преобладающей тенденцией перехода к ремонтам оборудования по ТС. Состояние оборудования исследуется методами машиноведческих наук «Надежность машин» и «Техническая диагностика».



Одной из задач исследований работоспособного состояния является обоснование ремонтов оборудования по состоянию. При решении этой задачи в теории надежности и технической диагностике сформировались специфические особенности.

#### *Иерархическая структура оборудования*

В теории надежности при исследовании видов ТС технологическое оборудование условно расчлняют на *иерархии* объектов, объекты, элементы (составные части объектов). Элемент классифицируется как простейшая машина, реже как механизм, имеющие не менее двух состояний функционирования, например, работоспособное и неработоспособное. Разделение элементов на диагностируемые узлы не производится.

В технической диагностике при исследовании видов ТС производится расчленение элементов на диагностируемые узлы, то есть на составные части нижнего уровня градации, принятой в теории надежности. Диагностируемый узел – часть элемента, которую не требуется детализировать при диагностировании ТС в режиме эксплуатации. По результатам диагноза узлов оценивают ТС элемента в целом.

Единый переход к градации технологического оборудования по структурным подуровням не выработан, что сдерживает формирование общей методики исследования ТС объектов. Для обоснования технического обслуживания ОПЦ и ТММ по состоянию предлагается следующая иерархическая структура (рис. 2).

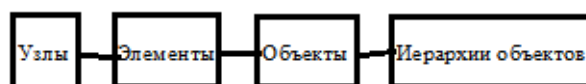


Рис. 2. Структура для обоснования обслуживания ОПЦ и ТММ

Предложенная иерархическая структура расширяет градацию составных частей оборудования до диагностируемых узлов.

#### *Модели исследования диагностических признаков*

В теории надежности работоспособное состояние контролируют по модели отказов [1]. Отказ как событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта, занимает переходное положение между работоспособным и неработоспособным состояниями (рис. 3).

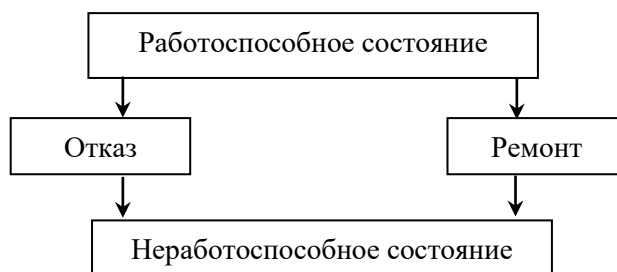


Рис. 3. Модель отказа и восстановления элемента

Решение задач диагностирования по модели отказа связано с прогнозированием надежности на период до следующего осмотра. С помощью моделей отказа определяются временные эксплуатационные характеристики: наработка до отказа, остаточный ресурс и др.

Результаты исследования отказов используются в виде генеза по отношению к работоспособности объекта. По анализу отказа восстанавливают состояние, в котором объект находился в некоторый предшествующий момент, определяют причины возникновения отказов, что важно для недопущения подобных отказов в будущем. По модели отказов непосредственного измерения количественных характеристик работоспособного состояния узлов элемента не производится. Результаты анализа отказов применяют при разработке ППР. Однако из-за отсутствия в модели отказов элементов диагноза ее нельзя использовать для оперативного контроля работоспособного состояния.

В технической диагностике измерение диагностических признаков узла эксплуатируемого элемента производится, как правило, для работоспособного состояния (рис. 4).



Рис. 4. Модель диагностирования ТС узла элемента

Отметим, что в модели диагностирования исключено событие «отказ». По диагностическим признакам производится оценка уровня работоспособности узла элемента. В качестве допустимых уровней работоспособного состояния используются нормы, характерные для нового оборудования; нормы, заложенные в диагностической аппаратуре; нормы, разработанные при подконтрольной эксплуатации оборудования. Диагностические признаки, не соответствующие допустимому уровню, показывают, что резерв времени работоспособного состояния узла элемента ограничен, однако достаточен для уточнения диагноза и принятия решения по выводу на ремонт по состоянию.

При диагностировании в рабочем состоянии объект не выводят из эксплуатации, при других видах диагностирования эксплуатационный режим временно прерывается.

Техническое диагностирование, в частности вибрационное, имеет ряд нерешенных проблем. Обычно диагнозу подвергаются составные части элементов машин: механизмы, детали (далее узлы). Диагностируемые узлы контролируются автономно.

Влияние ТС одного узла на ТС других узлов элементов машины, а также на ТС элементов машины в целом мало исследовано. Опыт переноса практики диагностирования узлов для контроля ТС элементов машин, сложных объектов оказался малоэффективным.

При диагнозе элементов и сложных объектов информации о неисправностях отдельных узлов оказалось недостаточно для обоснования ремонтов по состоянию. Необходимо определить общее ТС элемента, объекта, проанализировать возможные переходы в другие состояния, определить объемы ремонтных работ и время их проведения.

Сочетание методов технической диагностики раннего обнаружения неисправности узлов, элементов с методами «Надежности машин» по обоснованию технического обслуживания элементов и объектов является актуальным при переходе к ремонтам по ТС.

#### *Связь параметрического диагноза ТС узлов и непараметрического диагноза ТС элементов, объектов*

При диагностировании элементов сложных объектов для оценки ТС отдельных узлов элементов оборудования приходится применять различные виды диагностической аппаратуры. Например, для диагностирования оборудования производства целлюлозы и термомеханической массы применяются виброизмерительные приборы для определения среднеквадратических параметров вибрации, анализаторы спектра измеряемых частот, ультразвуковые, температурные приборы. Для формирования диагностической оценки элемента диапазоны параметрических оценочных критериев узлов данного элемента разделяются на подуровни:  $[Ф]$  – «допустимо»;  $ФН$  – «неудовлетворительно»;  $ФП$  – «предотказно».

На рисунке 5 показаны подуровни  $[Ф]$ ,  $ФН$  и  $ФП$  для диагноза виброскорости с учетом изменения за период наработки. Измеренные при диагностировании значения уровней диагностического параметра обрабатывают методами математической статистики. Например, параметры вибрации (рис. 5) исследуют как случайные переменные вибрации. Для выборки измеренных значений параметров вибрации определяют закон распределения и среднее квадратическое отклонение. Определение допустимых вибрационных критериев обосновывают с применением нулевой и альтернативной гипотез [2].

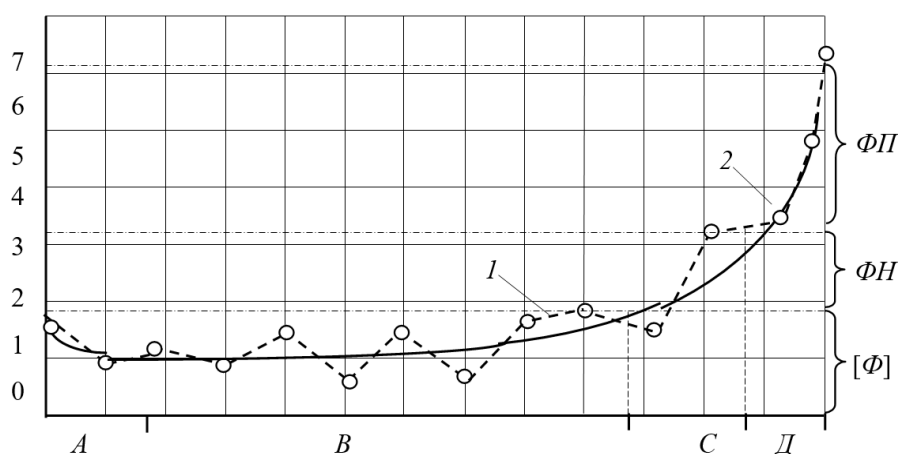


Рис. 5. Графики зависимости виброскорости подшипниковой опоры циркуляционного насоса от наработки: 1 – экспериментальный; 2 – идеализированный; A, B, C и D – зоны приработки установившегося режима, появления и ускоренного развития дефекта соответственно;  $[Ф]$ ,  $ФН$ ,  $ФП$  – уровни оценок «допустимо», «неудовлетворительно», «предотказно» соответственно

Критическая статистика для проверки гипотез принималась в зависимости от однородности значений  $\Phi_i$  в выборке по  $\tau$ -распределению максимального отклонения. Оценка критической статистики  $\tau$ -распределения определялась по формуле:

$$\hat{\tau} = \frac{|\Phi^n - \bar{\Phi}|}{\sigma_{\Phi}}, \quad (1)$$

где  $\Phi^n$  – элемент, исключаемый из однородной выборки;

$\Phi^n \in \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ ;

$\bar{\Phi} \in (\bar{S}_e, \bar{V}_e, \bar{T})$  – среднее арифметическое значение выборки;

$\sigma_{\Phi}$  – среднее квадратическое отклонение;

$n$  – число значений  $\Phi_i$  в выборке;  $i = 1 \dots n$ .

Граничное значение  $\tau_{\alpha}$  определялось по таблице квантилей  $\tau$ -распределения при уровнях значимости 5–10 % (вероятность отвергнуть нулевую гипотезу составляла 5–10 %). Нулевая гипотеза принималась для однородных выборок при  $\bar{\tau} \geq \tau_{\alpha}$ . Допустимые пределы вибрации определялись по формуле [3,4]:

$$|\Phi| = \bar{\Phi} \pm \tau_{\alpha} \sigma_{\Phi}, \quad (2)$$

где знак «+» принимался при возрастании вибрационной функции за период наработки контролируемого узла, знак «–» – при снижении.

Параметры ФН (вибрация неудовлетворительная) и ФП (вибрация предотказного состояния) определялись по зависимостям:

$$\Phi_H = \bar{\Phi} \pm k_n \tau_{\alpha} \sigma_{\Phi}; \quad \Phi_P = \bar{\Phi} \pm k_n k_n \tau_{\alpha} \sigma_{\Phi}, \quad (3)$$

где  $k_n$ ,  $k_n$  – коэффициенты предупредительных границ неудовлетворительного и предотказного состояний соответственно.

Значения  $k_n \approx 1,3$ – $1,4$  и  $k_n \approx 1,1$ – $1,2$  определены из опыта диагностирования.

Сокращенные периоды времени  $\Delta t_{bj}$  и  $\Delta t_{cj}$  между измерениями возрастающей и снижающейся вибрации диагностируемых узлов в состоянии, близком к предотказному, определялись по формулам:

$$\Delta t_{bj} = \frac{|\Phi| \Delta t}{m \Phi_j}; \quad \Delta t_{cj} = \frac{\Phi_j \Delta t}{m |\Phi_j|}, \quad (4)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий безопасность эксплуатации узла с экстремальными уровнями вибрационной функции;

$\Phi_j$  – экстремальный уровень вибрационной функции узла при  $j$ -м измерении.

Аналогичные подуровни диапазонов оценочных критериев нарабатываются при подконтрольной эксплуатации для всех диагностируемых узлов независимо от вида приборов и измеряемых параметров.

*Выводы*

1. Разработана и обоснована модель диагностирования работоспособного ТС узла.
2. Предложено применять трехуровневую оценку работоспособного ТС узлов при диагностировании, исключающую событие «отказ».
3. Оценочные критерии технического состояния узлов позволяют применять для контроля ТС различные приборы и диагностируемые параметры.

**Библиографический список**

1. Муромцев Ю.Л. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах. М.: Химия, 1990. 143 с.
2. Сиваков В.П., Вихарев С.Н. Динамика роторов дисковых мельниц // Вестник Казанского технологического университета, 2012. № 6. 4 с.
3. Динамические испытания машин – эффективный метод оценки их технического состояния / С.Н. Вихарев, В.П. Сиваков, Е.Г. Сафронов, Ю.С. Вихарева // Вестник Казанского технологического университета, 2013. № 24. Т. 16. С.102–105.
4. Сиваков В.П., Музыкантова В.И., Гребенчиков М.Ю. Диагностирование засорения сит питателя высокого давления // Лесной журнал. 2015. № 1 (343). С. 144–151.

**УДК 674.055:621.934(043.3)**

**В.В. Чаевский<sup>1</sup>, В.В. Жилинский<sup>1</sup>, А.В. Романовская<sup>1</sup>,  
А.К. Кулешов<sup>2</sup>, Д.П. Русальский<sup>2</sup>**  
(V.V. Chaevskij<sup>1</sup>, V.V. Zhilinskij<sup>1</sup>, A.V. Romanovskaya<sup>1</sup>,  
A.K. Kuleshov<sup>2</sup>, D.P. Rusal'skij<sup>2</sup>)  
(<sup>1</sup>БГТУ, <sup>2</sup>БГУ, г. Минск, РБ)  
E-mail для связи с авторами: chayeuski@belstu.by

**МОДИФИКАЦИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
С ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ НОЖАМИ  
Ni-УДА/MoN-ПОКРЫТИЕМ**

**MODIFICATION OF WOOD-CUTTING TOOL  
WITH HARD ALLOY KNIVES BY Ni-UDD/MoN-COATING**

*В данной работе исследованы механические свойства (микротвердость, адгезия) двухслойных (УДА)/MoN-покрытий с Ni-ультрадисперсными алмазами на твердосплавных (карбид вольфрама WC – 2 вес. % Co) ножах дереворежущего фрезерного инструмента. MoN-покрытия осаждались методом конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ) на твердосплавные ножи. Ni-УДА слой являлся композиционным содержащим наноалмазы химическим покрытием (КХП), осажденным на образцы с MoN-покрытием с целью увеличения ресурса работы инструмента. Полученное значение критических нагрузок в 40 Н на скретч-треке покрытия свидетельствует о высокой величине адгезии Ni-УДА/MoN-покрытия с подложкой из твердого сплава WC-Co. Благодаря своим высоким механическим свойствам Ni-УДА/MoN-покрытия могут использоваться для увеличения периода стойкости дереворежущего фрезерного инструмента при резании древесно-стружечных плит на станках с ЧПУ.*

*In this work, the mechanical properties (the microhardness, the adhesion strength) of two layers Ni-ultradisperse diamonds (UDD)/MoN-coatings on hard alloys of the tungsten carbide WC – 2 wt. % Co knives of a wood-cutting milling tool have studied. MoN-coatings were deposited by cathode arc evaporation physical vapor deposition (CAE-PVD) technique on hard alloys knives. The Ni-UDD layer was a composite nanodia-mond-containing chemical coating (CChC) to improve tool life. The obtained value of the critical loads on the scratch track of the coating in 40 N proves a high value of the adhesion strength of the Ni-UDD/MoN-coating with hard alloy WC-Co substrate. Due to their high mechanical features Ni-UDD/MoN-coatings can be used to increase the durability period of a wood-cutting milling tool when cutting chipboards by CNC machines.*

Одним из наиболее эффективных методов улучшения функционально-эксплуатационных характеристик изделий и деталей различного назначения является повышение износостойкости поверхностей с помощью специальных покрытий. Среди них выделяются покрытия, получаемые совместным электроосаждением металлов с различными дисперсными частицами композиционных электрохимических покрытий (КЭП), которые показывают высокие физико-механические и электрохимические свойства [1, 2].

Использование ультрадисперсных алмазов (УДА), получаемых детонацией взрывчатых веществ, в качестве композиционного материала в электрохимических и химических металл-алмазных покрытиях приводит к повышению износостойкости покрытий, существенной адгезии, резкому снижению коэффициента трения [3]. Несмотря на то, что никелевая матрица не обладает высокими прочностными характеристиками и износостойкостью, КЭП никель-наноалмазные (Ni-УДА) обладают повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, микротвердостью, которая в 1,5 раза превышает микротвердость никелевых покрытий [4].

Получение высокой адгезии металл-алмазного КЭП к твердосплавным основам (в т. ч. WC-Co) является серьезной проблемой. В работе использовался метод безэлектродного осаждения композиционного химического покрытия (КХП) Ni-УДА. Кроме того, формирование градиентных покрытий на режущей кромке инструмента способствует значительному уменьшению интенсивности ее износа, причем создание промежуточного слоя между твердым ионно-плазменным покрытием и основой увеличивает эффект уменьшения интенсивности износа основы [5].

Целью данной работы было исследование механических свойств (микротвердости, адгезии) двухслойных Ni-УДА/MoN-покрытий на твердосплавных (карбид вольфрама WC – 2 вес. % Co) ножах фирмы Leitz (Германия) дереворежущего фрезерного инструмента комбинированным методом химической обработки и конденсацией вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ), позволяющей существенно улучшить эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т. ч. в станкостроении и деревообработке [6].

Ионно-плазменные MoN-покрытия осаждались методом КИБ на поверхность ножей на установке ВУ-1Б «Булат» по стандартной методике [6] – с предварительной обработкой ионами молибдена подложки в вакууме  $10^{-3}$  Па при потенциале подложки, равном –1 кВ, и последующим нанесением покрытий при токах горения дуги катода 180–200 А и опорном напряжении, равном –100 В, в атмосфере азота при давлении  $10^{-1}$  Па. Температура при осаждении соответствовала 700–900°C. Толщина MoN-покрытий не превышала 2,7 мкм.

Для химического осаждения Ni-УДА-покрытий использовался раствор следующего состава:

- 1) никель уксуснокислый ( $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ) – 25 г/л;
- 2) гипофосфит натрия ( $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ) – 25 г/л;

- 3) глицин ( $C_2H_5NO_2$ ) – 20 г/л;
- 4) УДА – 0,5 г/л.

В качестве дисперсных углеродсодержащих модификаторов использовались наноалмазы детонационного синтеза марки «УДА-ВК» (ТУ РБ 28619110.001195), являющиеся продуктом детонационного превращения взрывчатых веществ с размерами 3–5 нм, развитой удельной поверхностью 200–450 м<sup>2</sup>/г [7].

Химическое осаждение Ni-УДА-покрытий проводилось в течение 15 мин. Температура в процессе осаждения составляла 95 °С. Образцы с Ni-УДА-покрытиями подвергались отжигу в вакууме в печи SNOL 7.2/1100 при температуре 350 °С в течение 90 мин. Толщина Ni-УДА-покрытия составила 1,7–1,8 мкм.

Микротвердость испытываемых покрытий определялась при нагрузках 100 и 200 г по методу Виккерса на микротвердомерах ПМТ-3 и AFFRI – MVDМ8 (Италия).

Измерение адгезионной прочности образцов с полученным покрытием проводилось на установке скретч-тестер, принцип работы которого основан на методе склерометрии – горизонтальном перемещении и царапании поверхности покрытия алмазным индентором (радиус закругления составлял 0,5 мм), предварительно внедренным на определенную глубину при пропорционально возрастающей нагрузке и определении критической нагрузки, при которой происходит отрыв или разрушение покрытия [8]. Адгезионная прочность оценивалась по величине критической нагрузки. Скорость движения индентора была 20 мм/мин, максимальная нагрузка на индентор в конце трека достигала 150 Н.

Сформированное Ni-УДА КХП/MoN-покрытие имеет максимальное значение микротвердости  $18 \pm 1$  ГПа при нагрузке 200 г (глубина проникновения индентора при этом составляет 2,1 мкм). При нагрузке 100 г (глубина проникновения индентора – 2 мкм) значение микротвердости Ni-УДА КХП/MoN-покрытия  $9,4 \pm 0,4$  ГПа практически не отличается от микротвердости Ni-УДА КХП ( $8,3 \pm 0,4$  ГПа). Вероятно, высокое значение микротвердости Ni-УДА КХП/MoN-покрытия при нагрузке 200 г можно объяснить проникновением индентора до твердого MoN-слоя.

Согласно полученным экспериментальным данным трибологических испытаний на скретч-тестере при достижении нагрузки  $40 \pm 1$  Н происходит разрушение Ni-УДА КХП/MoN-покрытий (рис. 1, 2). Сравнение полученного значения критической нагрузки с литературными данными [9] показывает, что прочность сцепления Ni-УДА КХП/MoN-покрытия с твердосплавной основой достаточно высокая.

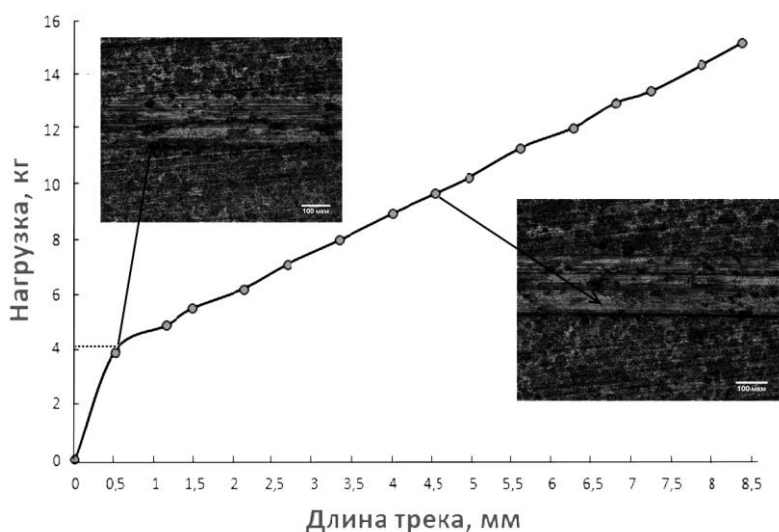


Рис. 1. Кривая микроскретча и снимки скретч-трека Ni-УДА КХП/MoN-покрытия

Таким образом, является перспективным нанесение на основе комбинированных методов воздействий на поверхности ножей фрезерного инструмента Ni-УДА- и MoN-покрытий, которые должны обеспечить существенное повышение периода стойкости и ресурса работы инструментов для деревообработки.

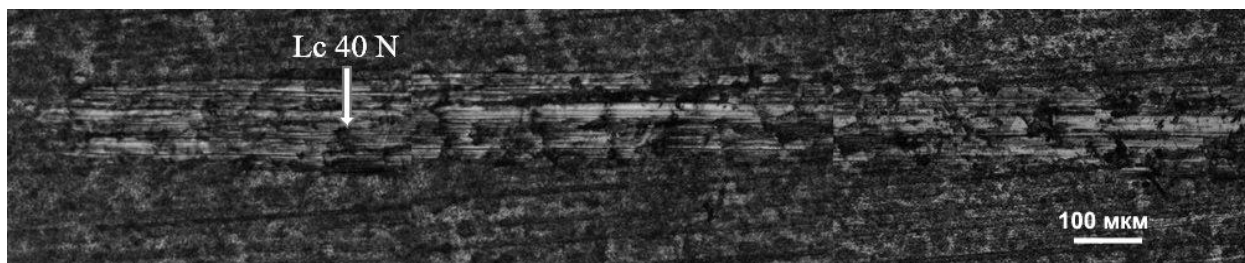


Рис. 2. Оптический снимок скретч-трека Ni-УДА KХП/MoN-покрытия

#### *Выводы*

1. На твердосплавных (карбид вольфрама WC – 2 вес. % Co) ножах дереворежущего фрезерного инструмента сформированы комбинированным методом химического и ионно-плазменного осаждения Ni-УДА/MoN-покрытия.
2. Сформированное Ni-УДА KХП/MoN-покрытие имеет высокое значение микротвердости  $18 \pm 1$  ГПа.
3. Критическая нагрузка на скретч-треке Ni-УДА KХП/MoN-покрытия составила 40 Н, на основании чего можно утверждать, что адгезия покрытия с твердосплавной основой высокая.
4. Высокие физико-механические свойства Ni-УДА KХП/MoN-покрытия будут способствовать увеличению периода стойкости модифицированных фрез при резании древесных материалов.

#### **Библиографический список**

1. Электрохимическое осаждение и свойства композиционных никелевых покрытий, содержащих углеродные наноматериалы / П.Б. Кубрак, В.Б. Дроздович, И.М. Жарский, В.В. Чаевский // Гальванотехника и обработка поверхности. 2012. Т. XX. № 2. С. 43–49.
2. Целуйкин В.Н. Трибологические свойства композиционных электрохимических покрытий на основе никеля // Трение и износ. 2010. Т. 31. № 5. С. 475–478.
3. Долматов В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детанационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии. 2001. Т. 70. № 7. С. 687–708.
4. Маслов А.Л. Разработка композиционных связок импортозамещающего алмазно-гальванического инструмента, упрочненных нанодисперсными порошками алмаза и оксида алюминия: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.06 / НИТУ «МИСиС». М., 2015. 145 с.
5. Комбинированная гальваническая и ионно-плазменная обработка лезвий ножей дереворежущего инструмента / В.В. Чаевский [и др.] // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX Междунар. евразийск. симпозиума, г. Екатеринбург, 23–25 мая 2014 г. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2014. С. 202–206.
6. Влияние ZrN, Mo-N покрытий, сульфатирования на износ ножей дереворежущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ. 2014. Т. 35. № 3. С. 276–286.



7. Термическая стабильность хромовых покрытий, модифицированных наноразмерными углеродсодержащими добавками / А.Г. Кононов, Я.С. Сачивко, А.П. Корженевский, Р.Г. Штемплук // Актуальные вопросы машиноведения, 2015. Вып. 4. С. 353–357.

8. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин [и др.] // МИТОМ. 2002. № 3. С. 36–39.

9. The effects of the H/E ratio of various Cr-N interlayers on the adhesion strength of CrZrNcoatings on tungsten carbide substrates / Hoe-Kun Kim [et al.] // Surface & Coatings Technology. 2015. № 284. Pp. 230–234.

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ**

### **PROBLEMS OF SAFETY AND ECOLOGY IN WOOD PROCESSING**

**УДК 621.928:674**

**Н.М. Горбачев<sup>1</sup>, С.П. Трофимов<sup>2</sup>**

(N.M. Gorbachev<sup>1</sup>, S.P. Trofimov<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>ИТМО им. А.В. Лыкова НАНБ, <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: harbachov.nm@gmail.com, tsp46@mail.ru

### **ЖАЛЮЗИЙНЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ С ПРОФИЛИРОВАННЫМИ КОЛЬЦАМИ ДЛЯ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

#### **LOUVER DUST COLLECTOR WITH PROFILED RINGS FOR ASPIRATION SYSTEMS**

*Процессы деревообработки часто характеризуются повышенным содержанием пылевой фракции в отходах механической обработки материалов и применением систем аспирации и пневмотранспорта измельченной древесины. Применение плитных композиционных материалов и высокоскоростных режимов работы технологического оборудования и режущих головок сопровождается повышением пылеобразования и необходимостью совершенствования систем очистки воздушных выбросов. В статье приведено краткое содержание результатов разработки жалюзийного пылеуловителя для применения в системах аспирации.*

*The processes of woodworking are often characterized by an increased content of dust fraction in the waste of mechanical processing of materials and the use of aspiration and pneumatic conveying systems of crushed wood. The use of plate composite materials and high-speed operation modes of technological equipment is accompanied by an increase in dust formation and the need to improve air purification systems. The article contains a summary of the results of the development of a louvered dust collector for use in aspiration systems.*

Тенденция роста пылевой составляющей в аэросмеси, перемещаемой системами аспирации и пневмотранспорта многих видов деревообрабатывающих производств, при

повышении нормативно-технических требований к экологической и санитарно-гигиенической безопасности аэросмесей [1] актуализирует решение задач обеспечения функциональной, энергетической эффективности, надежности пылеулавливающего оборудования и уменьшения его габаритов. Существует много видов устройств и методов очистки газовых выбросов от механических примесей [2–5].

Жалюзийные пылеуловители являются наиболее компактными из сухих инерционных устройств, габариты которых позволяют размещать их там, где установка других аппаратов подчас невозможна.

Наиболее распространены конусные пылеуловители, состоящие из цилиндрического корпуса с размещенной в нем конической жалюзийной решеткой, состоящей из набора соосно расположенных с определенным зазором друг от друга колец, диаметр которых монотонно уменьшается вдоль оси цилиндра в направлении потока газа.

Кольца обычно изготавливают из стального листа в виде усеченного конуса или из катанного уголка (зачастую с недостаточно обоснованной формой поперечного сечения).

Запыленный воздух поступает со стороны основания конической решетки и разделяется ею на две части: одну очищенную составляющую примерно 90 % и другую составляющую около 10 %, в которой сосредоточена основная масса пыли. Через пылеотводную трубу, размещенную в вершине конической решетки, обогащенный пылью поток отводится к отсасывающему пылеуловителю.

Работа жалюзийных пылеуловителей характеризуется следующими параметрами: коэффициент гидравлического сопротивления, отнесенный к скоростному давлению потока во входном сечении устройства,  $\xi \approx 1,75$ ; степень очистки газа для частиц размером 5 мкм – 10 %, 50 мкм – 90 %.

В результате работ, выполненных в 80-е годы в ОАО «Экорест» было установлено, что приданием кольцу специальной аэродинамической формы можно существенно увеличить эффективность жалюзийной решетки. Внутренняя поверхность такого кольца имеет обтекаемую форму, а тыльная обрезана перпендикулярно потоку и образует острую кромку. Моделирование потока показало, что при такой геометрии в зазоре между кольцами образуется устойчивый тороидальный вихрь, препятствующий выносу мелких частиц с внутренней поверхности конуса.

Эксперименты, проведенные с подобными (рис. 1) жалюзийными решетками, показали, что при запыленности газа до 50 г/м<sup>3</sup> обеспечивается эффективность очистки для частиц размером 5–50 мкм на уровне 80–95 %. Существенным является то, что при такой форме колец в широком диапазоне характеристик запыленного потока эффективность рассматриваемого устройства практически не меняется. Разработан типовой ряд таких аппаратов производительностью от 2,5 до 50 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

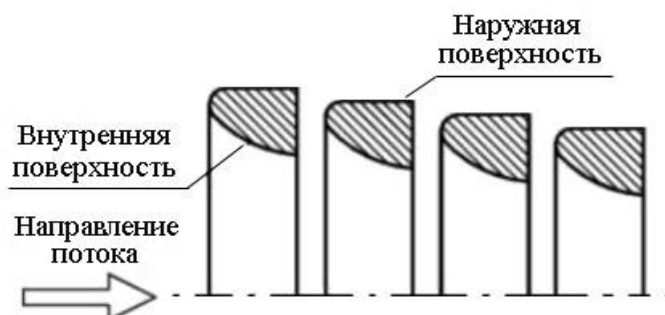


Рис. 1. Схема размещения профилированных колец жалюзийного пылеуловителя

Коэффициент инерционного пылеотделения определяется долей частиц, покинувших поток при изменении им направления в процессе обтекания препятствий. Интенсивность пылеотделения в определенной области характеризует критерий Стокса, учитывающий соотношение сил инерции и сопротивление среды.

На практике эффективность жалюзийной решетки, как и импактора, может быть определена функцией  $\eta = f(\sqrt{St})$ , где  $St$  – критерий Стокса. Существует критическое значение числа  $St$ , ниже которого улавливания частиц практически не происходит. Следует отметить, что эффективность решетки слабо зависит в широком диапазоне (500–25 000) от числа Рейнольдса определенного для межкольевого зазора.

Схема жалюзийного пылеуловителя приведена на рисунке 2, а на рисунке 3 отображен вид жалюзийной решетки экспериментальной установки. Аппарат такого типа производственного назначения производительностью 50 тыс. м<sup>3</sup>/ч представляет собой цилиндр диаметром 0,8 м и длиной около 4 м.

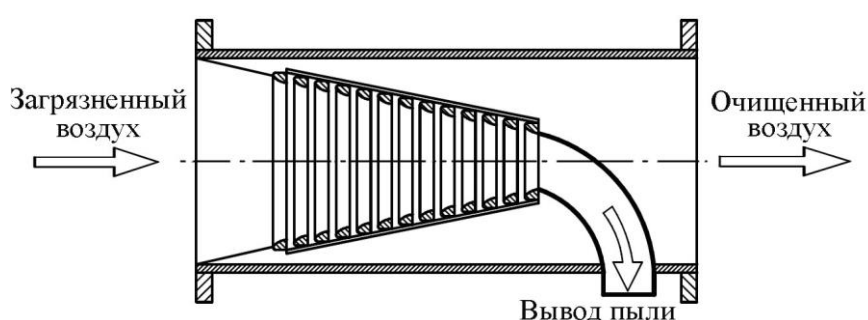


Рис. 2. Схема жалюзийного пылеуловителя



Рис. 3. Вид жалюзийной решетки пылеотделителя экспериментальной установки

#### Выводы

Внедрение жалюзийных пылеотделителей сдерживается отсутствием научно-обоснованной нормативной базы по определению условий их применения. Кроме того, полностью не исчерпан потенциал оптимизации их аэродинамической схемы. Очевидна целесообразность проведения НИР и ОКР по совершенствованию и применению таких аппаратов пылеулавливания в системах аспирации, пневмотранспорта деревообработки и некоторых других производств. Нами планируются работы по совершенствованию аэродинамической схемы этих уловителей, конструктивных параметров кольцевой решетки и разработка ряда комбинированных устройств, состоящих из кольцевого жалюзийного пылеуловителя и циклона.

#### Библиографический список

1. Трофимов С.П., Дячек П.И. ТКП 510–2014. Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов. Нормы проектирования. Минск: Беллесбумпром, 2014. 78 с.

2. Штокман Е.А. Очистка воздуха. М.: Асс. строит. вузов, 2007. 312 с.
3. Инженерная экология и очистка выбросов промышленных предприятий / Б.М. Хрусталева, В.Д. Сизов, И.С. Бракович, И.М. Золотарева; под общ. ред. Б.М. Хрусталева. Минск: Витпостер, 2014. 492 с.
4. Lachenmayr G., Kreimes H. Energy technology for wood industry. Rosenheim: Eigenverlag Prof. Dr. G. Lachenmayr, 2009. 471 pp.
5. Dolny S. Badania oporow przeplywu podczas filtracyjnej separacji pylow powstalych w procesach przerobu materalow drzewnych. Paznan: RARP, 1998. 92 pp.

УДК 676.2.053:628.5

**В.Н. Старжинский, С.В. Совина, И.В. Яцун**

(V.N. Starzhinskij, S.V. Sovina, I.V. YAcun)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: vsn@usfeu.ru, sovinasv@e1.ru

### **АНАЛИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ШУМА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **THE ANALYSIS OF WAYS OF REDUCTION OF NOISE OF WOODPROCESSING EQUIPMENT**

*Деревообрабатывающее оборудование является одним из наиболее шумных видов промышленного оборудования. Первопричиной возникновения шума является процесс резания древесины. В процессе резания часть энергии резания переходит в энергию шума, характеризующуюся акустическим коэффициентом мощности оборудования. В статье на основе анализа энергетических соотношений шума, технологических параметров резания и условий звукоизлучения рассмотрены основные пути снижения шума деревообрабатывающего оборудования.*

*Wood-processing equipment is one of the most noisy kinds of the industrial equipment. Process of cutting of wood is the main reason of occurrence of noise. During cutting part of cutting energy convert into energy of noise, which is characterized by coefficient of acoustic capacity of the equipment. In article the basic ways of noise reduction in wood-processing equipment are considered on the basis of the analysis of parities of noise energy, technological parameters of cutting and conditions of sound radiation.*

Цель работы – рассмотреть возможные пути снижения шума при работе деревообрабатывающего оборудования на основе энергетических параметров резания древесины.

Первичной проблемой появления шума в процессе резания древесины является взаимодействие кромки инструмента (резца) с волокнами обрабатываемой древесины.

В процессе резания часть энергии, затрачиваемая на резание, переходит в энергию шума, т. е. звуковая мощность шума  $\rho$ , генерируемого в процессе резания, она прямо пропорциональна мощности резания  $N$  [1]:

$$\rho = K_n N, \quad (1)$$

где  $K_n$  – коэффициент пропорциональности.

Энергию, затрачиваемую на резание в единицу времени (мощность), можно при некоторых допущениях считать одним из определителей процесса шумообразования. Мощность, затрачиваемая на резание, определяется из формулы А.Л. Бершадского [2]:

$$N = K b h V_n, \quad (2)$$

где  $K$  – удельная работа, затрачиваемая на отделение 1 см<sup>3</sup> объема древесины при резании, Дж/см<sup>3</sup>;

$b$  – ширина стружки, мм;

$h$  – высота пропила или припуск при фрезеровании, мм;

$V_n$  – скорость подачи, м/сек.

Удельная работа  $K$  является переменной величиной, зависящей от физических свойств породы, обрабатываемой древесины, параметров и скорости резания, угловых величин заточки и состояния реза.

Исходя из формулы (2) и предположения прямой зависимости интенсивности шума от затрачиваемой на резание мощности, можно считать, что уровень шума, возникающий при резании древесины, зависит от следующих основных факторов:

- размеров, профиля, угловых значений заточки режущих инструментов (зубьев пильных дисков, ножевых валов, фрез и др.);
- скорости подачи и скорости резания;
- твердости и влажности обрабатываемой древесины;
- ширины стружки и высоты пропила (величины припуска);
- степени затупления режущей кромки инструмента.

Для круглых пил уровень шума зависит, кроме того, от количества зубьев пильного диска, одновременно находящихся в рабочем контакте с обрабатываемой древесиной. При механической обработке древесины наблюдаются следующие основные зоны излучения звуковой энергии в окружающее пространство:

- режущая кромка инструмента – волокна древесины;
- вибрирующая поверхность тела режущего инструмента (пильного диска ножевого вала);
- вибрирующая поверхность корпуса станка, возбуждаемая через колебания шпиндельного вала;
- вибрирующая поверхность обрабатываемой древесины;
- вихревые процессы, возникающие в зоне режущего инструмента.

Введем понятие акустического коэффициента мощности станка [3]. Акустическим коэффициентом мощности станка называется отношение звуковой мощности  $P$  (Вт), излучаемой им во внешнюю среду, к функциональной мощности станка  $P_{cm}$  (Вт), потребляемой этим станком. Иногда его оценивают в процентах:  $\eta_a \cdot 100 \%$ .

$$\eta_a = \frac{P}{P_{cm}} \quad (3)$$

Наибольшим акустическим коэффициентом мощности (порядка 5 %) обладают современные громкоговорители. Эти устройства специально созданы для звукоизлучения, но их функциональная мощность по сравнению с мощностью станков мала.

У станков наоборот: с целью снижения шума нужно обеспечить наименьший акустический коэффициент мощности, но функциональные мощности у них велики. В результате звуковая мощность станков может приблизиться и даже значительно превысить звуковую мощность самого эффективного громкоговорителя.

В таблице приведены результаты измерений звуковой мощности деревообрабатывающих станков и расчетные акустические коэффициенты мощности. Как видно, прямой зависимости акустического коэффициента мощности от уровней излучаемой звуковой мощности нет, так как звуковая мощность станка находится в сложной функциональной зависимости от его установленной мощности.

Наибольшим акустическим коэффициентом мощности обладают круглопильные станки – основное оборудование малых деревообрабатывающих предприятий.

Процесс звукоизлучения станка может быть представлен схематически следующим образом. Вынуждающая переменная сила  $F(t)$ , определяемая функциональной мощностью  $P_{cm}$ , вызывает в некоторой части станка, в точке 1, колебательную скорость  $v_1(t)$ . Механический импеданс в этой точке  $Z_m = F(t) / v_1(t)$ . От действия указанной силы на поверхности станка в точке 2 возникают колебания со скоростью  $v_2(t)$ , в результате чего излучается звуковая мощность  $P$ .

Звуковая мощность и акустические коэффициенты мощности  
деревообрабатывающих станков

Тип станка	Марка станка	Уровень звуковой мощности, дБА	Звуковая мощность, Вт	Мощность станков в кВт	Акустический коэффициент мощности
Рейсмусовый	Станок рейсмусовый односторонний «MB104GM»	122	0,005 011 872	4	$1,3 \cdot 10^{-6}$
Фуговальный	Станок фуговальный односторонний мод. «MBZ506A»	109	0,012 589 254	5,5	$2,3 \cdot 10^{-6}$
Четырехсторонний строгальный	C25-6AB (6 шпинделей, тяжелая серия)	110	0,007 943 282	71,1	$0,1 \cdot 10^{-6}$
Круглопильные	Станок круглопильный мод. «MJ2325C»	117	0,012 589 254	2,2	$5,7 \cdot 10^{-6}$
Шипорезные	Шипорезный станок для сращивания мод. «MXB3515C»	105	0,025 118 864	11	$2,3 \cdot 10^{-6}$
Ленточнопильные	Ленточнопильный станок мод. «MJ3450»	100	0,001 995 262	3,5	$0,5 \cdot 10^{-6}$
Шлифовальные	Шлифовальный станок – MM 2012	98	0,000 630 957	2,2	$0,3 \cdot 10^{-6}$
Заточные	Универсально-заточный станок модели MF2718C	102	0,02 511 886	0,75	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Сверлильные	Сверлильно-присадочный станок MZ7121	99	0,001 995 262	1,5	$1,3 \cdot 10^{-6}$

Пусть колебания в точках 1 и 2 связаны посредством коэффициента передачи (передаточная функция)  $k$  линейной зависимостью  $v_2(t) = k v_1(t)$ . Тогда звуковая мощность, излучаемая поверхностью станка вблизи точки 2, запишется в виде:

$$P = \rho c v_2^2 S \sigma, \quad (4)$$

где  $\rho c$  – характеристический импеданс среды вокруг станка;

$S$  – площадь равномерного излучения вблизи точки 2;

$\sigma$  – коэффициент излучения, равный отношению интенсивности звука, излучаемого участком с площадью  $S$  на поверхности станка, к интенсивности звука, излучаемого

колеблющемся поршнем с той же площадью  $S$  и с той же скоростью  $v_2(t)$ . Принимая во внимание указанные выше соотношения, получаем формулу:

$$P = \frac{F^2(t)k}{Z_m} S \rho c \sigma. \quad (5)$$

Из этой формулы следуют основные способы снижения шума станка.

Первый способ состоит в уменьшении вынуждающих сил  $F(t)$ . Однако научно-технический прогресс обуславливает постоянный рост мощности и скоростных параметров станков, что приводит к увеличению вынуждающих сил.

Второй способ снижения шума станка состоит в увеличении внутреннего механического импеданса  $Z_m$ , т. е. в увеличении массы вибрирующих деталей станка.

Третий способ снижения шума станка – снижение передачи звуковых колебаний от места возбуждения к месту излучения (уменьшение коэффициента передачи  $k$ ). Здесь имеются два пути: применение внутренней виброизоляции и внешней звукоизоляции. Последнее предпочтительнее, так как не требует переделки станка для введения упругих вставок. Такие переделки часто просто невозможны по прочностным соображениям. Использование звукоизоляции вокруг станка более просто и, что особенно важно, эффективно.

Четвертый способ снижения шума станка состоит в уменьшении площади излучаемой поверхности  $S$ , т. е. в уменьшении, например, габаритных размеров. Уменьшение излучающей поверхности имеет ограниченное, но реальное применение.

И, наконец, по пятому способу снижения шума надо значительно уменьшить коэффициент излучения, что можно сделать, установив вокруг станка звукоизолирующую оболочку.

Таким образом, если меры по снижению шума деревообрабатывающего станка в источнике его возникновения исчерпаны или же не привели к положительному результату, то перспективным, а иногда и единственным способом снижения шума является звукоизоляция.

### Библиографический список

1. Старжинский В.Н., Завьялов А.Ю., Совина С.В. Влияние условий резания древесины на шумовые характеристики деревообрабатывающих станков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8245> (дата обращения 10.04.2018).
2. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учебник [для вузов] / Моск. гос. ун-т леса. 3-е изд., стер. М.: МГУЛ, 2004. 310 с.
3. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция: теория, исследование, проектирование, изготовление, контроль. Л.: Судостроение, 1986. 367 с.

УДК 674.8

**С.С. Тютиков**

(S.S. Tyutikov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: [tyutikovstanislav@gmail.com](mailto:tyutikovstanislav@gmail.com)

### ПОЛЕЗНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРИБНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ

#### BENEFICIAL USE OF FUNGAL LESIONS IN THE WOOD

*Исследуется предположение, что частичное поражение древесного сырья дереворазрушающими грибами способствует улучшению пластиков, получаемых из него*

без добавления связующих. После проведения опытов данное предположение было доказано.

*We investigate the assumption that the partial defeat of wood raw wood-destroying fungi improves plastics obtained from it without the addition of binders. After the experiments, this assumption was proved.*

Способность в некоторых условиях разрушаться под воздействием грибов принято считать одним из существенных недостатком древесины. Грибные поражения приносят народному хозяйству огромный ущерб. Защите древесины от гнилостных процессов уделяется значительное внимание в учебных процессах.

Однако химическая деятельность грибов нашла и некоторые полезные практические применения:

1) заражение древесины деревоокрашивающими грибами с целью улучшения пропитки ее антисептиками [1];

2) биохимическая обработка древесины, идущей для изготовления карандашей, линеек и т. д. с целью уменьшения ее твердости [2, 3];

3) использование ферментов, вырабатываемых грибами, для приготовления так называемой микродревесины [2, 3];

4) получение удобрений из опилок способом ускоренного их компостирования при помощи гриба *Coprinus ephemerus* в буртах по 6–10 тонн каждый [4];

5) улучшение качества пластиков, полученных из древесных частиц без связующих, путем их частичного биологического поражения [5].

Автором данной статьи было высказано предположение, что частичное поражение древесного сырья дереворазрушающими грибами будет способствовать улучшению качества получаемых из него без добавления связующих пластиков [5]. Для проверки этого предположения были проведены опыты.

Для изготовления пластиков использовались сосновые опилки, взятые от круглопильного станка. Часть этих опилок поражалась грибами *Coniophora cerebella* в чистой культуре в течение 70 дней. Давление прессования составило 3 МПа. Влажность пресс-материалов (оптимальные для каждого конкретного сырья): из свежего сырья – 18 %; из сырья, пораженного грибом, – 11 %. Температура плит пресса – 170 °С. Результаты испытаний пластиков приведены в таблице.

Физико-механические свойства пластиков  
из свежих и пораженных грибом сосновых опилок

Физико-механические показатели пластиков	Пластики из сосновых опилок	
	свежих	пораженных грибом <i>Coniophora cerebella</i>
Плотность, кг/м	1 190	1 260
Предельная прочность при статическом изгибе, МПа	17,4	31,4
Разбухание за 24 ч, %	21	2,6
Водопоглощение за 24 ч, %	25,4	2,6
Влажность в момент испытания, %	9,9	6,4

Из данных таблицы видно, что пластики, изготовленные из сырья, подвергнутого биологической обработке, получились со значительно улучшенными физико-механическими свойствами. Это подтверждает упомянутые выше теоретические положения.



**Библиографический список**

1. Константная А.А. Исследование способов заражения древесины ели и лиственных деревоокрашивающими грибами с целью пропитки ее антисептиками: дис. ... канд. техн. наук. Л., 1963.
2. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. Пер. чешск. издания. М.: Лесная промышленность, 1967.
3. Шиврина А.Н. Физиологически активные вещества высших грибов: дис. ... доктора биологич. наук, Л., 1964.
4. Исследование отходов лесозаготовок / Л.И. Качелкин, Н.П. Рушнов, В.В. Коробов, Г.М. Михайлов, В.М. Черезова. М.: Лесная промышленность, 1965.
5. Плитные материалы и изделия из древесины и других одресневших растительных остатков без добавления связующих: монография / под ред. В.Н. Петри. М.: Лесная промышленность, 1976. С. 132–139.

**ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ И ИНЖИНИРИНГА  
В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ**

**PROBLEMS OF PROFESSIONAL EDUCATION  
AND ENGINEERING IN THE WOODWORKING**

УДК 531(077)

**В.А. Калентьев<sup>1</sup>, Л.Т. Раевская<sup>2</sup>**

(V.A. Kalent'ev<sup>1</sup>, L.T. Raevskaya<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>УрИ ГПС МЧС России, <sup>2</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: raevskaya@usfeu.ru, volf.vak@gmail.com

**ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ И ФОРМИРОВАНИЕ  
НЕОБХОДИМЫХ КАЧЕСТВ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ВЫПУСКНИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ**

**INTERACTIVE METHODS AND FORMATION OF NECESSARY QUALITIES  
FOR THE PRACTICAL ACTIVITY  
OF TECHNICAL UNIVERSITIES GRADUATES**

*В данной работе рассмотрены качества, необходимые выпускникам в конкретных областях будущей деятельности. Важнейшими областями для выпускников технических специальностей являются исследования и инжиниринг, управление, образование, информация, услуги и предпринимательство. В каждой из этих сфер есть потребность в соответствующих качествах, компетенциях специалистов. Формирование таких качеств в университетах осуществляется с помощью интерактивных форм обучения, в частности, case-study.*

*In this paper, we discuss what qualities and competencies graduates need in specific areas of future activity. The most important areas for graduates of technical specialties are*

*research and engineering, management, education, information, services and entrepreneurship. In each of these spheres there is a need for the appropriate qualities, competencies of specialists. The formation of such qualities in universities is contributed with interactive forms of learning, such as case-study.*

В процессе обучения техническим дисциплинам на младших курсах вузов обучающиеся часто сталкиваются с примерами абстрактных моделей механических систем, далеких от реальных объектов. Это нормально для усвоения методов расчета параметров или характеристик систем в таких дисциплинах, как «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин» и др. Однако, как показал опыт преподавания технических дисциплин, использование интерактивных форм обучения, в частности, ситуационного анализа (case study), помогает более глубокому усвоению материала.

В отличие от активных методов, интерактивные основаны на более широком взаимодействии обучающихся друг с другом. Активность обучающихся в этом случае повышается многократно, поскольку они уже не пассивные слушатели, а «добывают» знания в процессе дискуссии, работы в малой группе. Преподаватель на интерактивных занятиях только направляет деятельность обучающихся на достижение целей занятия.

По мнению авторов [1, 2], интерактивные формы обучения способствуют:

- 1) пробуждению у обучающихся интереса к дисциплине, будущей профессиональной деятельности;
- 2) эффективному усвоению учебного материала;
- 3) самостоятельному поиску путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- 4) формированию умения организовывать собственную деятельность;
- 5) формированию собственного мнения и отношения;
- 6) установлению взаимодействия между обучающимися;
- 7) обучению работать в команде, проявлять терпимость к любой точке зрения, уважать право каждого на свободу слова;
- 8) формированию жизненных и профессиональных навыков.

Принципы работы на интерактивном занятии следующие: занятие – общая работа; все участники равны; каждый участник имеет право на собственное мнение по любому вопросу; запрещена критика личности (но не идеи); все сказанное на занятии – информация к размышлению.

Из всех форм интерактивного обучения наиболее эффективной, с нашей точки зрения, является ситуационный анализ (case study) – техника обучения, использующая описание реальных ситуаций. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Конкретные ситуации базируются на реальном фактическом материале или же приближены к реальной ситуации. Описание ситуации, которое предлагается обучающимся, «отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы» [3].

Преподаватель предлагает ситуации, выбирает конкретную форму интерактивного занятия, которая может быть эффективной для работы в данной группе. При выборе конкретных ситуаций преподаватель учитывает будущую специальность. Например, на первых занятиях в группах по «Теоретической механике», по направлению «Деревообработка» для обсуждения в малых группах могут быть предложены приведенные ниже проблемные ситуации [4].

1. Два груза массами  $m_1 = m$  (кг) и  $m_2 = 3m$  (кг), соединенные невесомой нерастяжимой нитью, необходимо поднять и перенести. Один рабочий предложил поднимать груз, взявшись за первый груз, второй рабочий предложил держаться за второй груз при подъеме, а третий сказал, что неважно, за какой из грузов держаться, это не приведет к разрыву нити между грузами. Кто прав? В какой ситуации меньше вероятность разрыва нити, если в любом случае для подъема прикладывается одна и та же сила  $F$  к соответствующему грузу?

2. Пять работников несут груз, подвешенный на шесте длиной  $L$ . Трое держат за один из его концов, а двое – за другой. На каком расстоянии от первого конца следует подвесить груз, чтобы на каждого несущего приходилась одинаковая тяжесть? Считать, что все держать шест у самых его концов.

Ответы:

1 – ближе к первому концу шеста;

2 – ближе ко второму концу;

3 – в центре шеста.

При разработке интерактивного занятия рекомендуем обратить особое внимание на следующие моменты: четко ли определена цель занятия, готовы ли раздаточные материалы, есть ли необходимое техническое оборудование для демонстрации заданий, графиков, схем.

Выпускники технических вузов в своей практической деятельности имеют дело со сложными техническими системами. Им приходится заниматься конструированием и проектированием, диагностикой, наладиванием, а также разрушением и выводом из эксплуатации технических устройств. Все эти виды деятельности отличаются многовариантностью осуществления, неоднозначностью результата, взаимодействием между собой факторов различной природы, силы и длительности действия. Важно то, что инженерные системы создаются и функционируют в аспекте интересов людей. В связи с этим будущие инженеры должны владеть навыками коммуникации, презентации материала, принятия решений, продвижения идей, работы в команде. Образовательные программы должны помочь формированию соответствующих компетенций у выпускников.

Так, например, широкое развитие в современном обществе получили различные виды инженерной или технической диагностики, которая основывается на дефектоскопии инженерных конструкций: мостов, путепроводов, плотин и других сооружений, разрушение которых грозит значительными потерями и даже гибелью людей. По всей видимости, проблема техногенных катастроф является проблемой нашего времени. Уже сегодня в образовании, особенно при подготовке кадров высшей квалификации, необходимо обращать особое внимание на кейсы, имитирующие техногенные и природные катастрофы, и способы уменьшения и преодоления этих негативных последствий. Логико-аналитическая деятельность в этих случаях должна дополняться воспитанием воли, стремлением брать на себя ответственность, способностью к оперативной деятельности в экстремальной ситуации.

Естественнонаучное образование представляет собой разветвленную систему профессиональной подготовки, представленную на рисунке [5]. Выпускники естественнонаучных факультетов университетов и технических вузов заняты практически во всех сферах производства и жизнедеятельности общества. При этом наиболее важными областями их деятельности выступают: научно-исследовательская и инженерная деятельность, управление, образование, сфера информации, услуг и предпринимательства. В каждой из этих сфер возникает потребность в соответствующих качествах специалистов.

Каждое необходимое для успешной практической деятельности качество специалиста требует специального его «выращивания» в системе образования.



Сферы деятельности выпускников технических вузов  
и качества, необходимые для практической деятельности

Сразу же обратим внимание на то, что все сферы деятельности требуют развитых навыков коммуникации. Так, научная коммуникация представляет собой обмен информацией в научном обществе, образовательная выступает средством обучения и социализации, управленческая ориентирована на организацию и подчинение людей в реализации управленческого решения и т. д. Здесь важно показать специфику коммуникации в каждой сфере и помочь формированию навыков не просто коммуникации, а коммуникации конкретной природы.

Довольно значительной является потребность во многих сферах деятельности в умении представить, презентовать проект, результаты работы. Возникает также необходимость выразить в процессе разработки и применения кейсов специфику презентации в той сфере деятельности, в которой собираются работать обучающиеся после окончания вуза.

К числу наиболее ценных качеств специалистов, на наш взгляд, относятся способность к анализу, принятию решений и продвижению. Способность к анализу позволяет специалисту любой сферы разобраться в потоках информации и выработать наиболее эффективный вариант поведения в той или иной ситуации.

Другой аспект применения интерактивных методов в качестве образовательных технологий обусловлен спецификой запросов сферы самореализации специалиста. Так, для формирования навыков научного исследования эффективны кейсы, которые имитируют структуру и процесс научного исследования, применение тех или иных методов к решению поставленных задач.

Инженерная деятельность трудно представима без проектировочной и конструкторской деятельности. Кейсы довольно широко применяются различными инженерными вузами при выработке навыков проектировочной деятельности. Отсюда возникает необходимость разработки и применения специализирующих кейсов, которые помогают формированию специальных качеств выпускников.

Таким образом, преподавание естественнонаучных и технических дисциплин, несомненно, более эффективно при использовании интерактивных методов, которые

позволяют повысить интерес к учебе, сформировать те качества специалистов, потребность в которых нарастает в соответствующих сферах деятельности специалистов.

## Библиографический список

1. Изменения в образовательных учреждениях: опыт исследования методом кейс-стади / под ред. Г.Н. Прокументовой. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2003. 296 с.
2. Будерецкая И.В. Интерактивные методы обучения. М.: АСТ, 2013. URL: <http://nsportal.ru/nachlnaya-shkola/materialy> (дата обращения 10.04.2018).
3. Буравой М. Углубленное case-stude: между позитивизмом и постмодернизмом / Рубеж; перевод лекции М. Burawoy. The extended case method: steering a course between positivism and postmodernism. February 1, 1995 (Беркли, США). 1997. С. 10–11.
4. Калентьев В.А., Раевская Л.Т. Использование ситуационного анализа в обучении // Международный журнал экспериментального образования. 2017. № 3. С. 79–80.
5. Ситуационный анализ или анатомия кейс-метода / под ред. Ю.П. Сурмина. Киев: Центр инноваций и развития, 2002. 286 с.

УДК 378.146

**И.С. Колосов, И.Т. Глебов**

(I.S. Kolosov, I.T. Glebov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: GIT5@yandex.ru

## ОБУЧЕНИЕ РАБОТЕ НА ЛАЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

### TRAINING IN WORK AT THE LASER CNC MACHINE

*В статье изложена методика работы на лазерном гравировальном станке, методика обучения. Суть заключается в том, что обучающемуся дается рисунок, для гравирования которого он должен написать управляющую программу, проверить ее и сделать гравировку на поверхности или вырезать рисунок из шпона.*

*In article the work technique on the laser engraving machine, a technique of training of students is stated. The student is given the drawing for which engraving the student has to write the operating program, check it and make an engraving on a surface or cut out the drawing from an interline interval.*

В настоящее время в промышленности широко используются станки лазерные с числовым программным управлением. Они стали необходимыми для построения высокотехнологичного производства. На мебельных предприятиях они используются для получения декоративных элементов, а также выполнения индивидуальных заказов. В связи с этим возникает необходимость подготовки специалистов, умеющих работать в пакетах САПР (системы автоматизированного проектирования), знающих режимные параметры таких станков, умеющих производить их настройку. Система подготовки обучающихся включает в себя следующие этапы [1]:

- обучение работе в чертежных CAD-системах;
- обучение расчету режимных параметров обработки;
- создание управляющих программ для постпроцессора станка.

Так как системы постоянно совершенствуются и появляется новый функционал, то на этапе обучения необходимо заложить умение работать и получать результаты в таких системах самостоятельно.

Основная задача преподавателя заключается в том, чтобы исключить механическое выполнение инструкций, написанных в методических указаниях. Для этого работа над любым практическим заданием начинается с его осмысления и разработки стратегии решения. Большое количество вариантов заданий стимулирует обучающихся к творческому осмыслению информации и самостоятельной работе.

Покажем порядок выполнения задания на примере.

## Пример

Дано: на рисунке 1 приведено изображение орнамента, гравировку которого необходимо выполнить. Подготовить управляющую программу.

Для создания чертежей сложных геометрических рисунков наиболее предпочтительно использовать программы AutoCAD, CorelDraw, Illustrator и другие графические пакеты, имеющие возможность производить построения на основе спланов или кривых Безье (рис. 1).

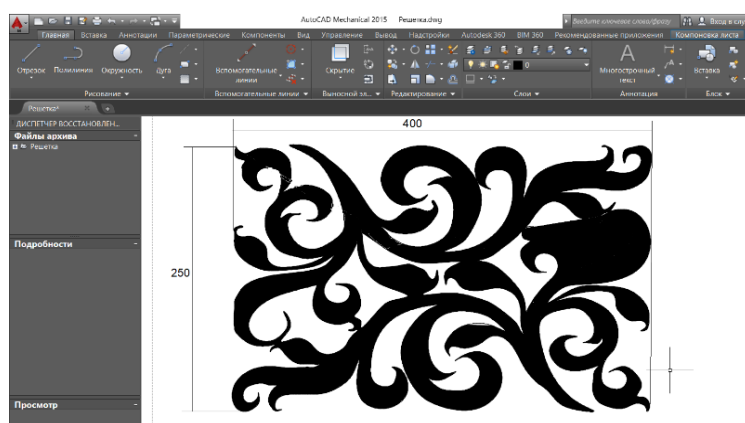


Рис. 1. Чертеж в AutoCAD геометрического узора

После создания чертежей в програмном пакете делают его загрузку в программу LaserCut. Для загрузки необходимо выбрать команды File → Import → «Открыть чертеж» в формате dxf. Далее происходит задание режимных параметров и подготовка УП (управляющей программы) (рис. 2).

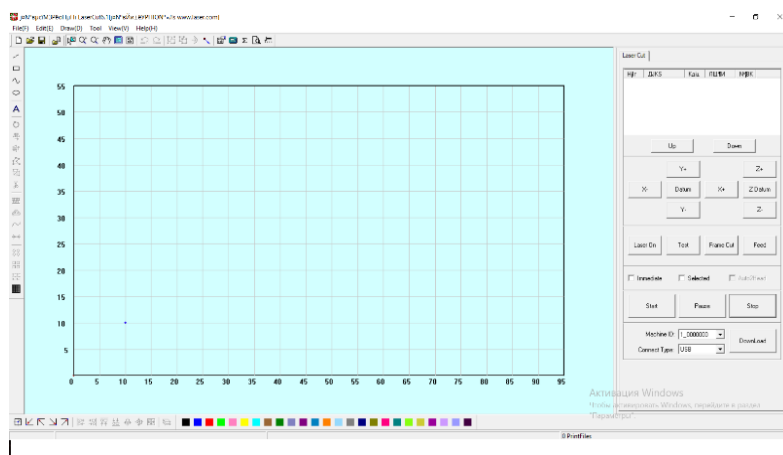


Рис. 2. Интерфейс программы LaserCut

Далее экспортируем сохраненный файл чертежа узора в формате dxf. Красный контур показывает движение головки с лазером (рис. 3).

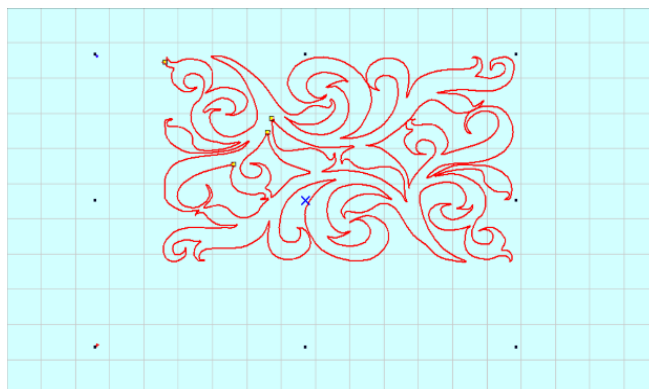


Рис. 3. Чертеж после экспорта

Далее выполняем шаги в такой последовательности:

1. Нажимаем на кнопку TechnicsCFG (рис. 4) и выбираем режимные параметры обработки. Для этого двойным щелчком мыши выбираем первую строчку, переходим в окно настройки параметров.

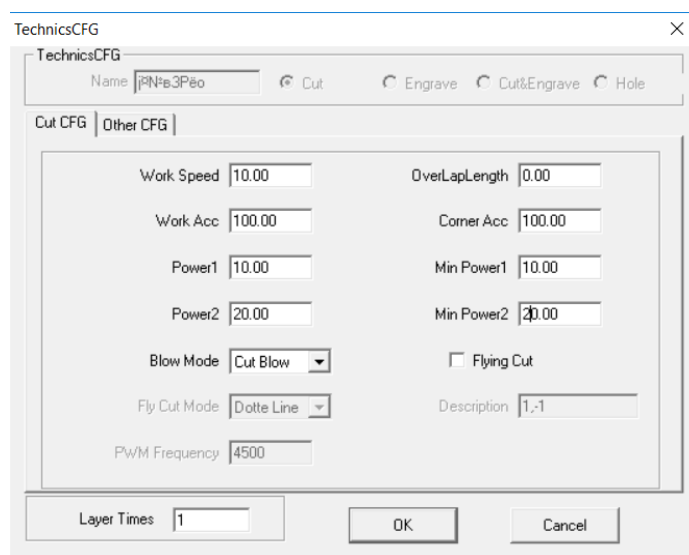


Рис. 4. Настройка параметров гравировки с помощью TechnicsCFG

2. Меняем значения в следующих строчках: Work Speed = 20, Work Acc = 100, Corner Acc = 100, Power1 = 10, Power2 = 20. Эти значения подходят для фанеры толщиной 3–6 мм. После завершения редактирования нажимаем «Ок». Закрываем окно TechnicsCFG [2].

3. Далее переходим в настройки конфигурации лазерно-гравировальной машины (рис. 5) и выставляем значения, приведённые на рисунке 6.

4. Загружаем программу в контроллер лазерного станка.

Загрузка данных в контроллер движения производится с помощью кнопки download, которая находится в правом окне. При нажатии появится окно загрузки, в нем необходимо нажать на кнопку download current file, что позволит загрузить файл в контроллер станка и начать обработку материала.

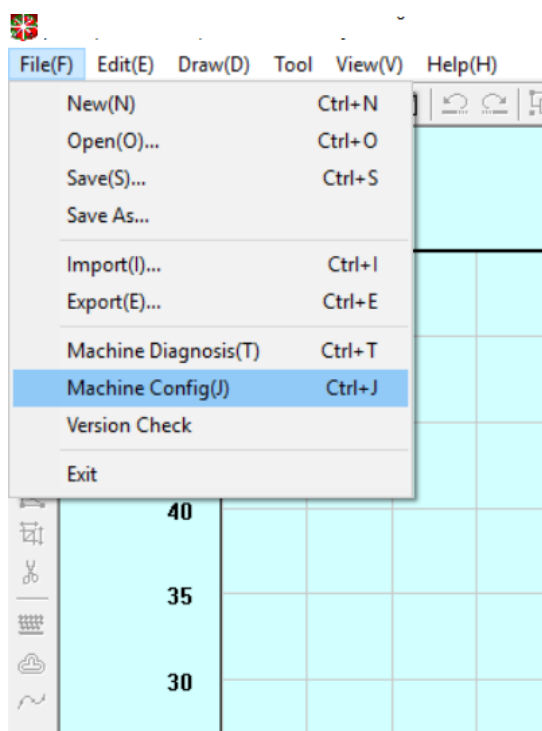


Рис. 5. Выбор команды MachineConfig

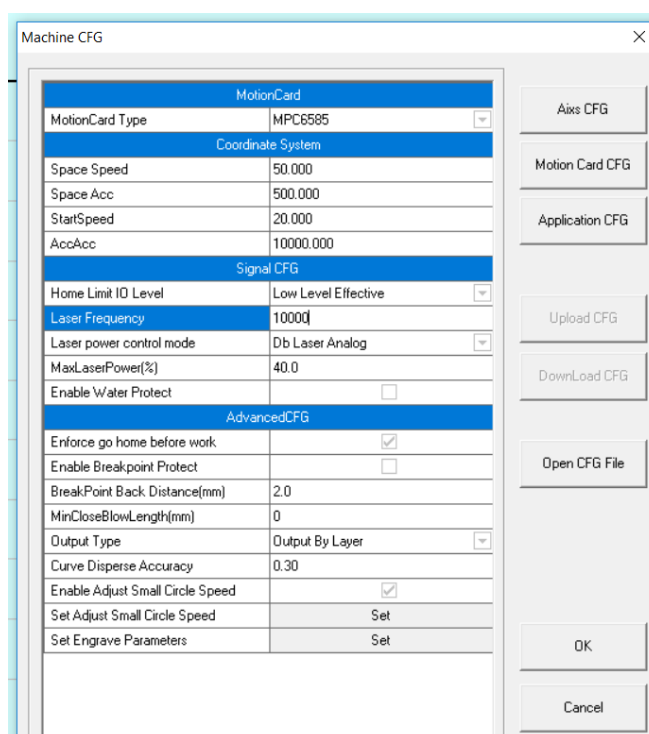


Рис. 6. Настройка параметров станка

5. Нажимаем старт для начала работы на станке.

Итак, применение указаний позволяет обучающемуся в автоматическом режиме создавать управляющую программу и производить резку элементов декора, который в дальнейшем может быть использован в мебельных конструкциях.

## Библиографический список

1. САПР и графика: многопредмет. науч. журн. М., 2017. URL: <https://sapr.ru/article/25403> (дата обращения: 09.08.2018).
2. Мазеин П.Г., Ахметов М.Р., Сайфутдинов С.Р. Применение станков лазерной резки: учеб. пособие. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. С. 9–14.

УДК 629.1-44, 629.11.02

**П.В. Королев<sup>1</sup>, М.М. Ратинер<sup>2</sup>**  
(P.V. Korolev<sup>1</sup>, M.M. Ratiner<sup>2</sup>)

(<sup>1</sup>ИрНИТУ, г. Иркутск, РФ; <sup>2</sup>Эбилити Лтд, г. Тель-Авив, Израиль)  
E-mail для связи с авторами: michael@ability.co.il, tpwood@rambler.ru

## ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

## PROBLEMS OF ENGINEERING TRAINING FOR MACHINE-BUILDING MANUFACTURING FORESTRY COMPLEX

*В статье рассматривается тенденция развития высшего технического образования в России. На основе анализа данных анкетирования обучающихся оцениваются*



*интересы и профессионализм инженерных кадров для машиностроительных производств и называются качества любимого преподавателя.*

*In the article the tendency of development of higher technical education in Russia is considered. Based on the analysis of student survey data, the interests and professionalism of engineering personnel for machine building industries are evaluated and the qualities of a favorite teacher are called.*

Существует достаточно много прогнозов о путях развития Будущей России. Важнейшим фактором, определяющим стратегию развития нашей страны, будет подготовка инженерных кадров для машиностроения (в частном случае – для машиностроения, связанного с лесопромышленным комплексом).

В прогнозах часто задаются риторические вопросы:

- «Кто будет строить Будущую Россию?»;
- «В какие руки старшее поколение страны передаст эстафету?»;
- «Как и чему учат инженеров для машиностроительных производств?»;
- «Какими качествами должен обладать преподаватель университета?».

Надежда Будущей России – это поколение молодых людей, которые еще учатся на 2–3 курсах университетов. Авторы настоящей статьи, занимаясь преподавательской деятельностью в Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИрННТУ), общаются с обучающимися и имеют возможность оценить их интересы и профессионализм.

Авторы обратили внимание на опасную тенденцию развития высшего технического образования в России: экзамены по общеинженерным дисциплинам заменяются на зачеты, курсовые проекты отменяются, количество лекционных часов сокращается в два или три раза, издание учебных пособий на бумажных носителях становится роскошью для преподавателя.

Такой подход к подготовке инженерных кадров может привести к тому, что российские инженеры смогут только эксплуатировать зарубежную технику, а создавать отечественные образцы машиностроительной продукции им будет уже не под силу.

Для научного исследования были выбраны учащиеся двух институтов ИрННТУ: «Недропользования» и «Авиамашиностроения и транспорта», – на котором несколько лет назад была открыта специальность «Технология деревообработки». Выпускники этих институтов в своей профессиональной деятельности должны создавать, эксплуатировать и ремонтировать очень широкую номенклатуру сложнейших механизмов и машин. Метод научного исследования основан на добровольном анкетировании, которое проводилось в течение четырех месяцев.

В соответствии с программой обучения обучающиеся этих институтов обязаны изучить такие сложные общеинженерные дисциплины, как: «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования» и др. Изучение этих дисциплин невозможно без хорошего знания математики и физики.

Знания обучающихся по математике можно оценить по баллам ЕГЭ при поступлении в ИрННТУ. В соответствии с рекомендациями Рособрнадзора можно перевести баллы ЕГЭ в пятибалльную систему оценивания. Анализ баллов ЕГЭ по математике показал, что 54 % поступающих имели оценку на уровне двойки и тройки, а 46 % – на уровне четверки и пятёрки.

Следовательно, половина обучающихся будет испытывать значительные трудности при изучении общеинженерных дисциплин, требующих хорошего знания математики.

Преподаватели стараются, чтобы обучающиеся успешно закончили вуз и стали профессиональными специалистами. Для этого в ИрНITU применяют различные системы инновационного образования. Рассмотрим их особенности.

Система инновационного инженерного образования с использованием технологий «Дальтон-плана» (Dalton-Plan) [1–4] применяется авторами на протяжении 10 лет и показала свою эффективность.

Например, совместная работа с обучающимися ИрНITU позволила К.С. Бушуеву, являющемуся по совместительству дублером Министра лесного комплекса Молодежного правительства Иркутской области, подготовить только в 2017 году 1 доклад для международного симпозиума, 4 статьи для профессиональных журналов лесной отрасли («Лесной комплекс Сибири», «Лесная индустрия», «ЛПК Сибири»), 5 докладов для научно-практических конференций разных университетов России [5].

Опыт использования «Дальтон-плана» показал, что успеваемость возрастает до 95–100 %. В сплоченных группах, где имеется авторитетный староста, «Дальтон-план» принимается «на ура» слабыми обучающимися, так как часть работы по повышению их успеваемости ложится на плечи сильных одноклассников.

В группах, где нет авторитетного старосты (а вся группа часто состоит из нескольких «команд», практически не общающихся между собой), обучение с использованием технологий «Дальтон-плана» отвергается той группой, для которой процесс обучения не представляет трудностей. Эта группа уверена, что без проблем сдаст изучаемую дисциплину, а помогать слабым не намерена.

В этом случае преподавателям приходится использовать методы проблемного обучения [6], известного, как говорят историки, еще со времен Сократа. Суть этого метода такова: не навязывание обучающимся своих мыслей, а подведение их к решению проблемы с помощью вопросов. Проблемное обучение основывается на «теории мышления», разработанной психологами, где под термином «мышление» понимается поиск и открытие принципиально нового.

Алгоритм проблемного обучения состоит из двух важнейших шагов:

Шаг 1: преподаватель ставит перед обучающимся учебное проблемное задание.

Шаг 2: проблемное задание побуждает обучающегося к решению учебной проблемы, и в процессе этого происходит приобретение новых знаний и их закрепление в сознании обучающегося.

При выполнении курсового проекта по дисциплине «Детали машин» проблемы выражаются в форме последовательного ряда многовариантных задач, ответы на которые заранее неизвестны. Например, при проектировании привода конвейера обучающийся должен обосновать выбор одного конкретного электродвигателя из целого ряда возможных вариантов, или обосновать выбор термообработки и материала для изготовления зубчатых колес, или обосновать выбор конкретного типа муфт из огромного ряда предлагаемых к использованию. Таких проблемных задач при курсовом проектировании обучающийся решает более десятка.

Приступая к выполнению курсового проекта, обучающийся, как всегда, старается не думать самостоятельно, а постоянно обращается к преподавателю с вопросом: «А какой вариант решения данной конкретной задачи мне выбрать?». Преподаватель совместно с обучающимся начинает рассматривать разные варианты решения данной конкретной проблемной задачи: оказывается, что, на первый взгляд, решений много, а обучающийся должен выбрать только одно решение. Преподаватель «подводит» обучающегося к принятию конкретного решения со следующим обоснованием: «Я выбираю такое-то решение, потому что...», и далее обучающийся обосновывает свой выбор.

После решения второй или третьей конкретной проблемной задачи обучающийся, понимая, что преподаватель не будет за него выполнять курсовой проект, уже

самостоятельно старается решить оставшиеся задачи в курсовом проекте, занимаясь поиском выбора оптимального варианта и принимая на себя определенные обязательства за последствия, которые могут произойти.

Преподаватель рассказывает о конкретных примерах из своей практики и сообщает обучающемуся, что работая на производстве и принимая конкретное решение, будущий инженер должен быть готов к материальной и даже юридической ответственности за принятое решение. Таким образом, после выполнения курсового проекта по дисциплине «Детали машин» обучающийся начинает понимать, что выбор и обоснование конкретного оптимального решения из множества возможных зависит только от него, а качество решения напрямую связано с уровнем его знаний. Такой ученик уже готов к выполнению дипломной работы.

Успеваемость обучающихся при использовании системы проблемного обучения ниже, чем при системе «Дальтон-плана», и составляет в среднем 60–80 % на момент окончания сессии. Неудачникам приходится сдавать долги уже в следующем семестре.

Подводя итог, можно сказать, что с точки зрения психологии процедура самостоятельного решения обучающимся цепи последовательных и взаимосвязанных учебных проблемных задач и является сущностью проблемного обучения. Психологи поясняют, что в этом случае знания преподавателя становятся знаниями обучающихся не в процессе их передачи, а в результате собственной мыслительной деятельности обучающихся.

Чтобы преподаватель мог получить положительный результат в своей деятельности, известная отечественная психологическая теория обучения (К.Д. Ушинского) рекомендует «узнать человека во всех отношениях» [7].

Одним из способов выполнения данной рекомендации является добровольное анкетирование обучающихся. Они, отвечая на вопрос: «Зачем мне необходимо высшее образование?», – дали следующие ответы:

1) 63 % мотивированы возможностью стать квалифицированными специалистами и устроиться на высокооплачиваемую работу;

2) 26 % мотивированы на получение высшего образования возможностью самореализоваться и поднять свой авторитет перед одноклассниками и родителями;

3) 10 % не хотят идти в армию.

Таким образом, 89 % мотивированы на получение высшего образования. Это очень хороший показатель, и преподаватель обязан использовать его в своей деятельности.

Однако на пути получения высшего образования у обучающихся стоит ряд мешающих причин. Отвечая на вопрос: «Что им мешает учиться в ИрННТУ?», – они дали следующие ответы:

1) 32 % самокритично говорят, что им мешает учиться лень, нерасторопность, привычка откладывать все на последний момент

2) 30 % отмечают, что неудачная организация их учебного процесса (время начала занятий, неудобное расписание занятий, невозможность восстановить силы за воскресенье) и совмещение учебы с работой снижает их успеваемость и мешает учиться;

3) 20 % говорят о том, что их устраивают условия обучения;

4) у 10 % ко второму курсу пропал интерес к выбранной специальности.

В психологии причины лени у взрослых и детей сильно различаются [8]. У взрослых людей основные причины лени следующие: нехватка силы воли, боязнь ответственности, следствие усталости и перегрузки на работе, понимание ненужности выполняемой работы, низкий уровень мотивации (работа, не приносящая удовольствие, и низкая заработная плата) и др.

У детей преобладают иные факторы развития лени: на первом месте стоит отсутствие мотивации. В этом случае задания не заинтересовывают ребенка и выполняются на рутинном уровне, потому что «так надо», а умственная деятельность практически не востребована.

На втором месте стоит высокая сложность заданий. В случае неудачи при решении какой-то задачи ребенок теряет уверенность в своих силах и в дальнейшем просто перестает выполнять новые задания.

На третьем месте – неправильная расстановка приоритетов: развлечение (Интернет, компьютерные игры, телевидение, спорт) превалирует над учебой.

Анализ ответов показал, что обучающиеся 2–3 курсов ИрНИТУ, считающие себя уже взрослыми, на самом деле имеют детские, а точнее, подростковые причины развития лени. В этом случае преподаватель самостоятельно может уменьшить влияние лени на успеваемость обучающихся известными методами: мотивированием к выполнению проблемных задач и варьированием сложности задач [9].

Интересно посмотреть, как обучающиеся оценивают работу преподавателя, который досконально и тщательно проверяет расчеты и чертежи курсового проекта. Обучающиеся знают, что преподаватель затрачивает на проверку одного курсового проекта до 3 часов, хотя мог бы затратить и 15 минут.

Анализ ответов обучающихся показал следующее:

1) более 50 % понимает, что преподаватель качественно проверяет курсовой проект с целью воспитания будущих профессионалов, настоящих инженеров;

2) для 30 % такой преподаватель является примером, так как он добросовестно работает при отсутствии контроля сверху, а это свидетельствует о высшей степени преданности делу и его профессионализме;

3) 5 % считает, что преподаватель вредный.

Обучающихся очень заинтересовал вопрос: «Мой любимый преподаватель должен...». Авторы не ожидали, что количество ответов на этот вопрос в два раза превысит количество ответов на другие вопросы анкет.

Отмечая желательные качества своего любимого преподавателя, обучающиеся на первое место (34 %) ставят уважение к себе и понимание, не исключая требовательности и строгости. На второе место (30 %) – такое качество, как профессионализм. На третьем месте (12 %) стоит справедливость, а на четвертом (10 %) – чувство юмора. 2 % обучающихся отметили, что преподаватель не должен орать и говорить, что обучающийся тупой.

Также большое число ответов набрал вопрос: «Какие свои качества я, как будущий специалист, укажу в резюме, чтобы меня взяли на работу после окончания ИрНИТУ?». Известно, что кадровые агентства при наборе персонала, требуют наличие у специалиста опыта работы. А у обучающихся такого опыта работы нет.

Анализ ответов на заданный вопрос показал следующее: на работу без больших проблем после окончания университета смогут устроиться те, кто желает и дальше учиться и переучиваться, кто готов работать «больше чем китайцы», те, кто имеют родственные связи, которые гарантируют устройство на хорошую работу. Всего таких обучающихся на 2 и 3 курсах набирается не более 20 %! Более 50 % в резюме написали, что они стрессоустойчивые, умные, хорошие и т. д., а 12 % – что еще не задумывались о поиске работы.

Что написать в резюме? Таким вопросом задаются не только обучающиеся, но и многие специалисты, ищущие работу. Однако резюме молодого специалиста принципиально отличается от резюме специалиста с опытом.

Для специалиста с опытом работы важно показать, какие задачи решались и как они были решены, то есть важен опыт и компетентность.

Выпускники университетов не могут похвастаться законченными и внедренными проектами. Молодому специалисту важно показать, интересна ли была учеба и как легко она давалась.

Если обратиться к рекомендациям кадровых агентств [10] с вопросом: «Какие кадры будут востребованы в ближайшее время?», – то в тезисной форме ответ будет звучать так: безграмотными в XXI веке будут не те, кто не умеет читать и писать, а те, кто не умеет учиться, разучиваться и переучиваться. Такой подход называется learning agility, а его перевод на русский язык означает «обучение на опыте».

Еще некоторое время в России работодатели будут обращать на этот фактор внимание. А, например, в Израиле, эта фраза сегодня присутствует во всех резюме. Таким образом, кроме способности обучаться и переучиваться, в резюме нужно показать также свой круг интересов.

Для обучающихся будут полезными рекомендации выпускников ИрННТУ, имеющих стаж работы 10–15 лет и работающих в настоящее время в крупнейших российских и иностранных компаниях в Москве. Эти выпускники уехали из Иркутска в Москву, потому что, с их слов, специалистам с высокой квалификацией очень сложно найти достойную по оплате работу в Иркутске [11].

В тезисной форме рекомендации успешных выпускников ИрННТУ по поиску достойной работы звучат так:

- 1) посмотреть вакансии и резюме других соискателей (300 штук и более);
- 2) заплатить деньги профессионалам, чтобы они составили ваше резюме;
- 3) не писать «стрессоустойчивый», «умный», «хороший» и тому подобный вздор, так как это бесит кадровиков. Такие резюме прямиком идут в корзину для мусора;
- 4) постараться «пройти кадровика» и попасть на собеседование к своему будущему начальнику.
- 5) на 3–4 курсе ИрННТУ устроиться на работу по специальности на любую должность (можно и без оплаты) и получить опыт работы.

Успешные выпускники ИрННТУ рассказывают, как они работают: стандартная процедура работы сотрудника крупной компании: «обучаемость на опыте» – решил проблему, запомнил, а лучше, записал методику выполнения этой работы, в другой раз уже решаешь эту проблему без задержек. Существуют также внутренние порталы баз знаний (wiki) во многих крупных фирмах, на которых сотрудники компании публикуют статьи и инструкции по уже выполненным проектам.

### *Выводы*

1. Преподаватели технических университетов стараются сделать все, что в их силах, чтобы обучающиеся, поступившие в университет, успешно закончили обучение и стали профессиональными специалистами. Для этого преподаватели применяют различные системы инновационного обучения, например, такие как «Дальтон-план» и «Система проблемного обучения». Кроме того, известен опыт многих университетов, когда обучающиеся 3–4 курсов доучивают в корпоративных учебно-исследовательских центрах за счет средств крупных промышленных предприятий.

2. Низкая успеваемость и большой процент отчисляемых обучающихся объясняется тем, что половина поступивших в ИрННТУ имела оценку по математике на уровне 2 и 3. Причина снижения проходного балла для абитуриентов известна, и в данной статье не рассматривается.

3. Мотивация приобретения знаний у 89 % обучающихся обусловлена желанием получить высшее образование. Однако до 4–5 курсов из группы в 25 человек доходят только 10–12 человек. А это со своей стороны влечет сокращение ставок преподавателей на выпускающей кафедре.

4. 30 % обучающихся отмечают, что неудачная организация их учебного процесса и необходимость совмещения учебы и работы снижает их успеваемость и мешает им учиться.

5. Более 30 % обучающихся самокритично говорят, что им мешает учиться лень, собственная нерасторопность, привычка откладывать все на последний момент. Причины лени известны: отсутствие мотивации, высокая сложность заданий, развлечения превалирует над учебой.

6. Отмечая желательные качества преподавателя, обучающиеся на первое место (34 %) ставят уважение к себе и понимание, не исключая требовательности и строгости. И только на второе место (30 %) – профессионализм. На третьем месте (12 %) стоит справедливость, а на четвертом (10 %) – чувство юмора.

7. Известно, что в штате ИрНТУ есть психолог и он выполняет свои обязанности. Но авторы рекомендуют дополнительно ввести в штат университета специалиста, который, зная и используя законы педагогической психологии, позволит повысить успеваемость и снизить количество отчисляемых обучающихся.

### Библиографический список

1. Королев П.В., Фокин И.В. Применение инновационных технологий и интерактивных методов обучения при изучении курса «Теория машин и механизмов» // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей II Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 11–13 апреля 2012 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 171–177.

2. Королев П.В., Шкабардня И.В., Синенков Н.А. Инновационные методики изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования» бакалаврами на основе Дальтон-плана // Авиамашиностроение и транспорт Сибири: сб. статей III Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 11–12 апреля 2013 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. С. 426–432.

3. Королев П.В. Система инновационного инженерного образования бакалавров // Современное общество, образование и наука: Междунар. науч.-практич. конф., 31 июля 2013 г. Ч. 5. Тамбов: Бизнес-Наука-Общество, 2013. С. 83–84.

4. Королев П.В. Инновационные технологии при обучении бакалавров // Вестник ИрГТУ. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2013. № 12 (83). С. 402–406.

5. Борзин А.А., Бушуев К.С., Королев П.В. Стратегия и тактика преобразования лесной отрасли Сибири в высокотехнологичную индустрию в Будущей России // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XII Междунар. евразийск. симпозиума (19–22 сентября 2017 г.). Екатеринбург: ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический институт», 2017. С. 4–9.

6. Организация учебной деятельности студентов с использованием методов проблемного обучения. URL: [http://studbooks.net/55076/pedagogika/organizatsiya\\_uchebnoy\\_deyatelnosti\\_studentov\\_s\\_ispolzovaniem\\_metodov\\_problemnogo\\_obucheniya](http://studbooks.net/55076/pedagogika/organizatsiya_uchebnoy_deyatelnosti_studentov_s_ispolzovaniem_metodov_problemnogo_obucheniya) (дата обращения: 09.08.2018).

7. Ушинский К.Д. Человек как предмет воспитания: опыт педагогической антропологии. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. 576 с.

8. Психология: как побороть лень? URL: <https://tutknow.ru/psihologia/6246-kak-poborot-len.html> (дата обращения: 09.08.2018).

9. Мотивация учебной деятельности и умственное развитие. URL: [https://studopedia.ru/14\\_121297\\_motivatsiya-uchebnoy-deyatelnosti-i-umstvennoe-razvitie.html](https://studopedia.ru/14_121297_motivatsiya-uchebnoy-deyatelnosti-i-umstvennoe-razvitie.html) (дата обращения: 09.08.2018).

10. Как учатся взрослые? Модель Колба и Фрая – обучение, основанное на опыте. URL: <https://www.talent-management.com.ua/2072-kak-uchatsya-vzrosly-e-model-kolba-i-fraya> (дата обращения: 09.08.2018).

11. Подготовка инженерных кадров в машиностроении для Будущей России: вызовы и пути решения. URL: <https://promdevelop.ru/podgotovka-inzhenernyh-kadrov-v-mashinostroenii-dlya-budushhej-rossii-vyzovy-i-puti-resheniya/> (дата обращения: 09.08.2018).

## СОДЕРЖАНИЕ

### THE MAINTENANCE

Приветствие и. о. ректора .....	3
<p><b>Эффективность и конкурентоспособность предприятий лесного комплекса</b></p> <p><i>Efficiency and competitiveness of the enterprises of the forest complex</i></p>	
<p><b>Н.К. Казанцева, В.С. Попов, Е.С. Синегубова</b> Стандартизация и научно-технический прогресс..... <i>Standardization and technological progress</i></p>	4
<p><b>Ю.А. Капустина</b> Адаптация инструментария отраслевого анализа к оценке угроз экономической безопасности регионального отраслевого комплекса..... <i>Adaptation of the tools of industry analysis to the assessment of threats to economic security of the regional sector model complex</i></p>	8
<p><b>Ю.А. Капустина, Ю.Н. Ростовская, Е.Н. Стариков</b> Использование показателей концентрации производства при разработке отраслевых документов стратегического планирования..... <i>The application of concentration indicators production in the development of industrial documents strategic planning</i></p>	14
<p><b>П.В. Королев</b> Влияние естественных монополий на конкурентоспособность лесоэкспортеров..... <i>Influence of natural monopolies on the competitiveness of forest exporters</i></p>	19
<p><b>А.В. Мехренцев, Ю.Н. Ростовская, Ю.А. Капустина, Л.М. Долженко</b> Состояние и перспективы развития рынка пиломатериалов в России и мире.... <i>The state and prospects of development of the market of sawnwood in Russia and in the world</i></p>	25
<p><b>А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков, Е.С. Мезенцева</b> Возможности применения индустриального Интернета вещей в лесном секторе РФ..... <i>Possibilities of application of the industrial Internet of things in the forest sector of Russian Federation</i></p>	28
<p><b>А.В. Мехренцев, Е.Н. Стариков, Л.А. Раменская</b> Институциональные условия и перспективные направления развития цифровой экономики в лесопромышленном комплексе Свердловской области..... <i>Institutional conditions and perspective directions of the digital economy development in the timber industry complex of the Sverdlovsk region</i></p>	34



<b>В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова, М.Г. Тутынина</b> Экономическая эффективность повышения надежности технологических систем фрезерования древесины..... <i>Economic efficiency of increase in reliability of technological systems of milling of wood</i>	40
<b>А.П. Петров, Н.К. Прядилина</b> Лесное планирование: формирование рыночных цен на древесину на корню..... <i>Forestry planning: formation of stumpage prices</i>	45
<b>Н.К. Прядилина, А.В. Швец</b> Бизнес-планы освоения лесов как основа регионального лесного планирования..... <i>Business plans for forest development as the basis of regional forestry planning</i>	49
<b>Новые технологические решения в заготовке, переработке и отделке древесины</b>  <i>New technological decisions in preparation, processing and finishing of wood</i>	
<b>Ю.И. Ветошкин, М.В. Газеев, О.Н. Чернышев, Д.О. Чернышев</b> Абразивные круги на основе пенополиуретана..... <i>Abrasive circles on the basis of foamed polyurethane</i>	55
<b>С.Н. Вихарев</b> Исследование времени релаксации древесины и волокнистых материалов..... <i>Research of time of the relaxation of wood and fibrous materials</i>	61
<b>М.В. Газеев, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, С.В. Совина</b> Формирование лакокрасочных покрытий методом пневматического распыления..... <i>The lacquer coatings of formation by pneumatic spray method</i>	64
<b>М.В. Газеев, О.Н. Чернышев, Р.С. Жуков</b> Качество облицовочных защитно-декоративных покрытий на фасадных элементах мебели из МДФ..... <i>The quality of facing protective and decorative coverings on front elements of fur- niture from MDF</i>	70
<b>А.М. Газизов, Е.С. Синегубова, О.В. Кузнецова</b> Изучение огнестойкости композиционных материалов..... <i>The study of fire resistance of composite materials</i>	73
<b>А.М. Газизов, А.Т. Гордеева</b> Модификация клея наноразмерным серебром..... <i>Modification of nano glue silver</i>	77
<b>И.Т. Глебов, Т.В. Полякова</b> Инновации в лесопилении..... <i>Innovations in sawmilling</i>	79

<b>А.К. Кулешов, В.В. Углов, В.В. Чаевский</b> Высокотвердые и износостойкие покрытия из карбидов ниобия и вольфрама на деревообрабатывающем инструменте..... <i>Superhard and wear resistant coatings from carbides of niobium and tungsten on woodworking tools</i>	84
<b>В.С. Паскарь, О.А. Рублева, Н.А. Тарбеева</b> Технологии нанесения плоских изображений для декорирования фасадов изделий..... <i>Advantages of technologies for creation of plane images for decoration of facade surfaces</i>	88
<b>О.А. Рублева, Н.А. Тарбеева, В.С. Паскарь</b> Оценка уровня качества декоративных отделочных материалов из древесины на этапе проектирования продукции..... <i>Estimation of the quality level of decorative finishing wood materials at the stage of product design</i>	93
<b>Д.А. Санникова, М.В. Газеев</b> Технология поверхностного крашения древесины дуба..... <i>The oak surface dyeing technology</i>	98
<b>В.В. Чамеев, В.В. Иванов, В.В. Терентьев</b> Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесообрабатывающих цехов: компонент-программа «СТАНОК»... <i>Algorithms and machine programs for investigation of technological processes of woodworking machines: component-program «СТАНОК»</i>	101
<b>В.В. Чамеев, В.В. Иванов, В.В. Терентьев</b> Исследование влияния доминирующих факторов на основные технологические показатели головного станка лесообрабатывающего цеха.... <i>Research influence of dominant factors on main technological factors indicators head machine forestry shop</i>	109
<b>В.В. Чамеев, В.В. Иванов, В.В. Терентьев</b> Этапы синхронизации лесообрабатывающих станков в технологических потоках с учётом коэффициентов их загрузки..... <i>Stages of synchronization of forest processing machines in technological flows with accounting their load factor</i>	114
<b>В.А. Шамаев, И.Н. Медведев, С.Н. Варнавский</b> Производство подшипников скольжения из модифицированной древесины для деталей трения машин и механизмов..... <i>Manufacturing sliding bearings of the modified wood for friction details of machines and mechanisms</i>	121
<b>Д.В. Шейкман, Н.А. Кошелева</b> Исследование влияния способа поверхностной пропитки на степень проникновения пропитывающего состава в древесину..... <i>Investigation of the impact of the method of surface treatment on the degree of penetration of the propyng composition to wood</i>	125

**А.В. Шустов**

Совершенствование стандартизации и сертификации в деревообработке..... 128  
*Improvement of standardization and certification in woodworking*

**И.В. Яцун, А.А. Кузнецов, А.Л. Мамаев**

Исследование свойств лакокрасочных покрытий на основе  
 самогрунтующих полиуретановых лакокрасочных материалов..... 130  
*Study of properties of coatings based on self-priming  
 polyurethane paint materials*

**Деревообработка  
 в малоэтажном и индустриальном домостроении**

***Woodworking  
 in low and industrial housing construction***

**И.Т. Глебов**

Расчет термосопротивления бревенчатой стены деревянного дома..... 133  
*Calculation of thermal resistance the log walls of a wooden house*

**Л.В. Игнатович, Л.Ю. Дубовская**

Экологический дизайн в архитектуре современного города..... 139  
*Ecological design in architecture of the modern city*

**Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование  
 и инструмент**

***Progressive woodworking equipment and tool***

**А.Ф. Аникеев, Т.А. Машорипова**

Планирование эксперимента по выявлению значимых технологических  
 факторов, влияющих на процесс сверления ламинированных ДСП..... 142  
*Planning of the experiment to detect significant  
 technological factors affecting in drilling of laminated chipboards*

**С.Н. Вихарев**

Исследование стабильности межножевого зазора размалывающих машин... 148  
*Research of stability gap of grinding machines*

**С.Н. Вихарев**

Надежность гарнитуры ножевых размалывающих машин..... 151  
*Reliability sets knife of grinding machines*

**А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко**

Теоретические расчёты, определяющие устойчивость держателя ножа  
 фрезерного инструмента на опоре скольжения в процессе эксплуатации..... 155  
*Theoretical calculations that determine the stability of the knife  
 holder milling tool on a support sliding in the process of operation*

<b>А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, Д.Л. Болочко</b> Технология применения фрезерного инструмента с прямыми ножами для изготовления криволинейных поверхностей..... <i>The application technology of the milling tool with straight knives for the manufacture of curved surfaces</i>	160
<b>А.А. Гришкевич, В.Т. Швед, А.Ю. Юдицкий</b> Влияние технологических режимов на эффективность процесса шлифования древесины..... <i>The impact of technological regimes on the efficiency of the process of grinding wood</i>	166
<b>И.К. Клепацкий, В.В. Раповец</b> Повышение износостойкости ножей фрезерно-брусующих станков..... <i>Increase of wear resistance of knives of chipper-cutter machine tools</i>	172
<b>В.Т. Лукаш, С.А. Гриневич</b> Анализ взаимодействия зубьев дисковых твердосплавных пил с обрабатываемым материалом..... <i>The analysis of interaction of teeth circular carbide saws with the material being treated</i>	178
<b>В.В. Раповец, И.К. Клепацкий, С.В. Медведев, Г.Г. Иванец</b> Расчёт полезной мощности резания в вычислительной среде LS-DYNA при высокоскоростном фрезеровании древесины..... <i>Calculation of useful cutting capacity in the LS-DYNA calculator at the high-speed milling of wood</i>	185
<b>В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев</b> Обоснование ремонта оборудования производства целлюлозы и термомеханической массы методами технического диагностирования..... <i>The rationale for the repair of equipment the production of cellulose and thermo mechanical pulp methods of technical diagnostics</i>	191
<b>В.В. Чаевский, В.В. Жилинский, А.В. Романовская, А.К. Кулешов, Д.П. Русальский</b> Модификация дереворежущего инструмента с твердосплавными ножами Ni-УДА/MoN-покрытием..... <i>Modification of wood-cutting tool with hard alloy knives by Ni-UDD/MoN-COATING</i>	197
<b>Проблемы безопасности и экологии в переработке древесины</b>  <i>Problems of safety and ecology in wood processing</i>	
<b>Н.М. Горбачев, С.П. Трофимов</b> Жалюзийный пылеуловитель с профилированными кольцами для аспирационных систем..... <i>Louver dust collector with profiled rings for aspiration systems</i>	201

<b>В.Н. Старжинский, С.В. Совина, И.В. Яцун</b>	
Анализ путей снижения шума деревообрабатывающего оборудования.....	204
<i>The analysis of ways of reduction of noise of woodprocessing equipment</i>	

<b>С.С. Тютиков</b>	
Полезное использование грибных поражений древесины.....	207
<i>Beneficial use of fungal lesions in the wood</i>	

**Проблемы профессионального  
образования и инжиниринга в деревообработке**

*Problems of professional education and engineering  
in the woodworking*

<b>В.А. Калентьев, Л.Т. Раевская</b>	
Интерактивные методы и формирование необходимых качеств для практической деятельности выпускников технических вузов.....	209
<i>Interactive methods and formation of necessary qualities for the practical activity of technical universities graduates</i>	

<b>И.С. Колосов, И.Т. Глебов</b>	
Обучение работе на лазерном станке с ЧПУ.....	213
<i>Training in work at the laser CNC machine</i>	

<b>П.В. Королев, М.М. Ратинер</b>	
Проблемы подготовки инженерных кадров для машиностроительных производств лесного комплекса.....	216
<i>Problems of engineering training for machine-building manufacturing forestry complex</i>	

Научное издание

**ДЕРЕВООБРАБОТКА:**  
**ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА**

**ТРУДЫ**  
**XIII МЕЖДУНАРОДНОГО**  
**ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**  
**18–21 сентября 2018 г.**

Под научной ред. В.Г. Новоселова

ISBN 978-5-94984-675-9



Редактор К.В. Смирнова  
Компьютерная верстка Е.А. Газеевой

---

Подписано в печать 07.09.18  
Усл. печ. л. 13,48  
6,4 Мб

Тираж 50 экз. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Уч.-изд. л. 17,5

---

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37  
Тел.: 8 (343) 262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УМЦ УПИ»  
Россия, 620062, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Гагарина, д. 35а, оф. 2